الجغرافيا العملية
وقراءة الخرائط

دكتور محمد محمد سطيحة
أستاذ الجغرافيا المساعد بجامعة القاهرة

دار النهضة العربية
٣٢ ش عبد الخالق ثروت
القاهرة

الجغرافيا العمليّة
وقراءة الخرائط

دكتور محمد محمد سطيحة
قسم الجغرافيا - جامعة القاهرة

الطبعة الثانية

دار النهضة العربية
٣٢ ش عبد الخالق ثروت
القاهرة

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

الجغرافيا علم دينامي يتطور بالمشاهدة الدقيقة والتفكير المنطقي الواع . والجغرافيا بذلك موضوع مزدوج له جانبان : الجانب العلمي والجانب العملي . ولقد درج الجغرافيون منذ زمن قديم على الاهتمام بدراسة ظاهرات سطح الأرض ، وبحثوا كيف تختلف وتتباين من مكان إلى آخر ، وكيف تجتمع هذه الظاهرات مع بعضها البعض لكي تعطي مناطق الأرض المختلفة شخصياتها المتميزة .

ويتضمن مثل هذا النوع من الدراسات ، استخدام أساليب وطرق فنية معينة ، تختص بجمع المادة ثم عرضها في منهج جغرافي سليم . ولكي يجمع الجغرافي مادته العلمية ، ينبغي عليه أن يعرف كيف يشاهد ويرصد ويسجل ، وكيف يرسم الخرائط والرسوم البيانية لما يدرسه ، وكيف يستخرج أيضاً البيانات ذات القيمة الجغرافية من الخرائط المطبوعة والصور والإحصاءات المتاحة له . والواقع أنه ليس هناك دراسة جغرافية ناجحة إذا لم تكن مدعمة بالخرائط والصور والرسوم المصممة لخدمة مثل هذه الدراسة .

هذه الأساليب والطرق المتنوعة ، تؤلف الجانب العملي من الجغرافيا ؛

وهي لذلك موضوع جدير بالدراسة ، بل موضوع لازم من البداية للطالب الذي يعد نفسه لأن يكون جغرافياً

وموضوع الجغرافيا العملية متعدد الجوانب ؛ فهناك أساليب الجغرافيا العملية التي تستخدم في الحقل والدراسة الميدانية ؛ وهناك الأساليب والطرق الفنية التي تستخدم في حجرة الرسم ؛ ثم هناك الأساليب والتمرينات العملية التي تستخدم في حجرة الدراسة . ومن هنا نرى أن الجغرافيا العملية موضوع متشعب ، وأكبر من أن يحتويه كتاب صغير في مثل حجم هذا الكتاب .

على أنني قصدتُ بهذا الكتاب الصغير الحجم أن يكون مقدمة في موضوع الجغرافيا العملية ، لكي يستفيد منها طالب الجغرافيا المبتدىء : فيعرف كيف تطورت الخريطة (أداة الجغرافي الأولى) على مر العصور ، حتى وصلت إلى ما هي عليه اليوم من رسم دقيق وعرض فني وتصوير رائع . وكان هذاموضوع الدراسة في الفصلين الأول والثاني في هذا الكتاب . ثم ينتقل القارىء بعد ذلك إلى الفصل الثالث ليتعرف على أدوات ومواد الرسم ، حتى ينتقي منها ما يناسبه عندما يشرع في رسم خرائطه التي تعينه في دراسته وأبحاثه .

وفي الفصل الرابع ، يلم القارىء بالعناصر الأساسية التي ينبغي أن تشملها كل خريطة ناجحة ؛ مثل عنوان ومفتاح الخريطة ومقياس رسمها وتوجيهها . ولما كان لمقياس رسم الخريطة من أهمية خطيرة في إدراك كثير من الحقائق الجغرافية واستخلاص عديد من البيانات والمعلومات ، فقد تصدى الفصل الخامس لموضوع مقياس الرسم في الخرائط المختلفة ، ثم لطرق تحويل هذه المقاييس في أشكالها المتنوعة .

وفي الفصل السادس ، يرى القارىء دراسة تطبيقية لطرق الإستفادة من مقاييس الرسم ؛ إذ يتعرف على طرق قياس المسافات والمساحات على الخرائط ، وعلى الطرق التخطيطية والآلية المستخدمة في تصغير الخرائط أو تكبيرها — بل وحتى طرق التوفيق لرسم خريطة من خرائط مختلفة المقاييس .

أما الفصل السابع ، فيعرض طرق تمثيل مظاهر سطح الأرض على الخرائط ـ أي خرائط التضاريس ـ بإعتبار أن التضاريس هي أبرز مظاهر سطح الأرض التي تؤثر في حياة النبات والحيوان والإنسان ، وفي توزيع سكن الإنسان ومظاهر نشاطه المختلفة . كما يتعلم القارىء في هذا الفصل أيضاً مبادىء قراءة وتفسير الخريطة الكنتورية ، وكيف يستخلص منها العديد من البيانات التي تفيده في دراساته الجغرافية المختلفة .

أما الفصل الثامن والأخير ، فيختص بدراسة مساقط الخرائط ـ أي بطرق ومحاولات نقل مظاهر سطح الأرض من السطح الكروي (بأبعاده الثلاثة) إلى السطح المستوي ذي البعدين فقط ـ وهو سطح ورقة الخريطة . وهذا موضوع عظيم الأهمية في الدراسات الكرتوجرافية (أي الخاصة برسم الخرائط) . وقد حاولتُ أن أعرض هذا الموضوع بصورة مبسطة حتى يدرك الطالب الهدف من وراء دراسة المساقط ، وما يتميز به كل مسقط من خواص معينة قد تفيده عندما يختار المسقط المناسب لخريطته الخاصة . ولم أحاول أن أدخل القارىء في متاهات الحسابات والرياضيات التي استخدمها العلماء حينما صمموا مثل هذه المساقط ـ فهذا موضوع لا يهم طالب الجغرافيا المبتدىء .

وقد حرصتُ على تزويد الكتاب بالخرائط والصور والرسوم البيانية (٧٠ شكلاً) حتى يستطيع القارىء أن يتابع عليها ما يقرأه في متن الفصول . كما أنهيتُ كل فصل ببعض المراجع المفيدة في متابعة الدراسة لمن يرغب في الإستزادة. ولا أزعم أنني قد وفيتُ كل شي حقه في موضوعات هذا الكتاب ، فالكمال لله وحده عز وجل . ولكني حاولت أن أقدم للقارىء موضوعات مترابطة في بعض جوانب الجغرافيا العملية في أسلوب مبسّط . وتحمل من تجربتي الشخصية ما رأيته مفيداً ونافعاً للمهتمين بهذا اللون من الدراسة في كل مكان من وطننا العربي الكبير .

وأرجو أن أكون قد وفقت ، والله ولي التوفيق .

دكتور محمد محمد سطيحة

القاهرة سبتمبر ١٩٧٧

محتويات الكتاب

صفحة

فهرس الأشكال

شكل		صفحة

الفصل الأول

الخرائط

مفهومها وتطورها التاريخي

أصبحت الخرائط شيئاً عادياً بالنسبة لنا جميعا ، إذ نحتاج إليها دوماً مهما اختلف وجه النشاط الذي نزاوله . وتنبع هذه الحاجة من رغبتنا في تحديد المسافات والطرق والمواقع والمساحات وغيرها من المظاهر المكانية العديدة . فالحركة من مكان إلى مكان مظهر أساسي من مظاهر حياتنا ؛ ولما كانت كل الأماكن تختلف وتتباين ، فحاجتنا ماسة إذن إلى الخرائط لكي تمثل لنا — بصورة مرئية — سطح الأرض ككل ، وكذلك أجزاءه المختلفة بكل ما فيها من تفاصيل . ولما كانت أغراضنا كثيرة ومتنوعة ، فقد استلزم الأمر استخدام خرائط متعددة الأنواع ومختلفة المقاييس لكي تخدم كل هذه الأغراض .

والخريطة أداة ضرورية لعلم الجغرافيا بصفة خاصة ، ذلك لأنها تقدم الصورة المرئية التي تساعد في تفسير العلاقة المتبادلة بين الإنسان والبيئة ، فمن الطبيعي حين يفحص الجغرافي المُركّب البيئي أن يتعرف على تفاصيل هذا المركب ، من حيث ظاهراته الطبيعية كالجبال والسهول والأنهار والشلالات والغابات والأمطار ، وكذلك ظاهراته البشرية كالطرق والسكك الحديدية والسكن والكباري والآبار والمزارع والمصانع . هذه الظاهرات وغيرها من الكثرة بحيث لا يمكن استظهارها عن ظهر قلب ، كما أنه ليس في مقدور

الجغرافي من الناحية العملية أن يقوم بزيارات كثيرة إليها كلما أراد أن يتحقق من كل ظاهرة بالذات . ومن ثم تبدو الحاجة إلى وسيلة ملموسة قد تساعده بأن تقدم له بيانات ومعلومات جاهزة وصحيحة في نفس الوقت . وهنا تأتي الخريطة لتجدته وتثبت أنها مرشد صائب ومعين لا ينضب . ذلك لأنها تمتص أعظم كم من الإيجاز وتصور تفاصيل « اللاندسكيب » الطويلة والكثيرة الحشو على لوحة في متناول يده .

وتمثل الخريطة أيضا وسيلة بيانية يعرض عليها الجغرافي نتائج دراساته وأبحاثه . فمن المسلم به أن يكون الجغرافي قادراً على إضافة أية بيانات جديدة إلى الخريطة المطبوعة . فهو يجمع من هذه الخريطة ما يريده من بيانات أساسية ، ثم يشرع في خلق خرائط جديدة يضمنها ما انتهى اليه من نتائج دراساته الميدانية . وتتمثل هذه النتائج في شكل علاقات مكانية وتوزيعات وتجميمات وغير ذلك من معلومات خاصة . فالخريطة إذن تلعب دوراً مزدوجاً بالنسبة للجغرافي : فهي من ناحية أداة ضرورية تعينه على القيام بدراساته وأبحاثه ؛ ومن الناحية الأخرى تساعده على عرض مادته العلمية وبيان ما انتهى إليه من نتائج ومعلومات وقياسات جديدة .

مفهوم الخريطة :

يمكن تتبع أصل كلمة « خريطة map » في المصطلح اللاتيني «Mappa» الذي يعني : قطعة قماش — في حجم منديل اليد تقريبا . ويبدو أن كلمة « Mappa » أو mappa mundi لم تعجب الرومان. الذين استخدموا مصطلحات أخرى للدلالة على الخريطة مثـــل forma و orbis pictus . ويرجع الفضل في استخدام مصطلح mappa mundi إلى الراهب « ميكون Micon » من سانت ريكير . حين أطلقه على خرائط العالم في العصور الوسطى في سنة ٨٤٠ ميلادية . ومرت بعد ذلك سنوات وقرون تحرّف خلالها هذا المصطلح إلى كلمة map التي شاع استخدامها ووجدت إستجابة عالمية .

وفي اللغة العامة، يمكن تعريف الخريطة بأنها تمثيل اصطلاحي conventional أو رمزي صغير المقياس للأرض (أو جزء منها) كما تُرى من أعلى [1] .

ومن الواضح أن الخريطة أصغر حجماً بكثير جداً من المساحة الحقيقية التي تمثلها من سطح الأرض . ذلك لأن كل مظاهر هذه المساحة (المنطقة) ينبغي بالضرورة أن تُمثل بالقدر الذي يجعلها مرئية في إطار الحدود المفروضة بحجم لوحة الخريطة . ومن ثم ، تُرسم كل خريطة بمقياس رسم scale يحدد النسبة بين أي مسافة محصورة بين نقطتين على الخريطة ، والمسافة الحقيقية التي تناظرها على الأرض (أو في الطبيعة) . وأي تمثيل كرتوجرافي لا يرسم بمقياس ، لا ينبغي أن نسميه خريطة وإنما الأحسن أن نسميه رسماً بيانيا diagram أو رسماً تخطيطياً (كروكياً) sketch . ولا بد لدارس الجغرافيا أن يفهم تماماً دلالات استخدام مقياس الرسم ، حتى يستطيع تصور مواقع الأشياء المبينه على الخريطة . ومن هنا كان لمقاييس الرسم واستخداماتها أهمية رئيسية بالنسبة للكرتوجرافي وكذلك الجغرافي ، ولذلك فقد أفردنا لها فصلاً كاملاً في هذا الكتاب .

وتُرسم الخريطة على سطح مستوٍ plane ، وهي بذلك تمثل بعدين فقط — هما العرض والطول في الشكل الهندسي . ولكن نمط سطح الأرض مقوس في الحقيقة وليس مستويا ، ومن ثم له ثلاثة أبعاد في الشكل الهندسي . وبناء على ذلك ، تصبح الخريطة صورة لسطح مقوس بأبعاده الثلاثة على سطح مستوٍ له بعدين فقط — وهي بذلك ليست تمثيلا صحيحاً لسطح الأرض .

---

(١) يجب أن نشير في هذه المناسبة إلى تعبير « كارتوجرافيا Cartography » ، وهو يعني في إطاره الضيق : رسم الخرائط . وبالتالي كلمة كارتوجرافي ، وهو : رسام الخرائط ؛ وكرتوجرافية شيئاً متصلا برسم الخرائط . أما المعنى الشامل للكارتوجرافيا ، فيشمل كل عمليات صناعة الخريطة إبتداء من عملية المساحة الحقيقية على الأرض إلى عملية طبع الخريطة .
وفي اليونانية تعني كلمة chartès - لوحة ورق ؛ وكلمة graphein : يكتب أو يصف أو يصور بالرسم

وإنما الكرة (الأرضية) هي التمثيل الصحيح لسطح الأرض . ولذلك فهناك قصور لا يمكن التغلب عليه في كل الخرائط، إذ لا تمثل البعد الثالث لشكل سطح الأرض .

وفي الحقيقة تواجه عملية إنشاء الخريطة هذه المشكلة الأساسية ، وهي مشكلة تحويل السطح الكروي إلى سطح مستوٍ . ويتمثل حل هذه المشكلة في استخدام ما يعرف باسم « مساقط الخرائط » map projections . ولهذا تحتل دراسة هذه المساقط مكاناً هاماً في الدراسات الكارتوجرافية .

وقد ذكرنا في تعريف الخريطة بأنها تمثيل اصطلاحي لأنماط سطح الأرض . ذلك لأن ظاهرات سطح الأرض المختلفة تصور على الخريطة بأشكال رموز معينة ومقررة (أي اتفق أو اصطلح على أن رمزاً معينا يمثل ظاهرة معينة — مثل المربع الذي يمثل عاصمة الدولة في الخرائط الصغيرة ، ورسم الحشائش الذي يمثل المستنقعات في الخرائط الكبيرة المقياس) ، وتسمى هذه الرموز والعلامات باسم : رموز المصطلحات ، أو الرموز الاصطلاحية conventional signs . فأي تمثيل كرتوجرافي لا يستخدم الرموز المصطلح عليها وإنما يستخدم رموزاً أخرى تحكمية اختيرت بحرية شخصية، من الممكن أن يكون رسماً تخطيطيا وليس خريطة بالمعنى الدقيق . ولهذا كان لرموز المصطلحات أهمية كبرى في قراءة وتفسير الخرائط .

والخريطة بعد كل هذا تنفرد بخاصية مميزة ، فهي كما ذكرنا عبارة عن تمثيل لأنماط سطح الأرض كما لو كنا ننظر إليها من أعلى . ولهذا تتميز الخريطة في هذه الناحية عن الصورة الفوتوغرافية العادية . ففي الصورة الفوتوغرافية يقل حجم الأشياء أو الظاهرات كلما بعدت المسافة عن آلة التصوير ، بينما في الخريطة يظهر حجم كل الأشياء المبينة فيها بنسق واحد مهما امتدت أو بعدت هذه الأشياء . ولهذا السبب اعتبرنا الخريطة أنها تمثيل لسطح الأرض كما لو كنا ننظر إليه من علٍ . ومن الواضح أننا نستطيع أن نسيطر برؤيتنا تماماً على

أي منطقة كبيرة عندما نطل عليها من أعلى أكثر مما لو نظرنا إليها من أي جانب . وقد يقال إن الخريطة بطبيعتها المستوية لا تجسم ارتفاعات سطح الأرض المختلفة . ومع ذلك فهذا أمر قليل الأهمية من الناحية العملية ، لأنه أمر ملحوظ أيضا عندما ننظر إلى ظاهرات سطح الأرض من طائرة على ارتفاع معين ، إذ سوف تبدو كل هذه الظاهرات وكأنها فقدت ارتفاعها النسبي ونرى كلاً منها متساوياً فوق أي مساحة كبيرة من سطح الأرض — وهذا ما تمثله الخريطة .

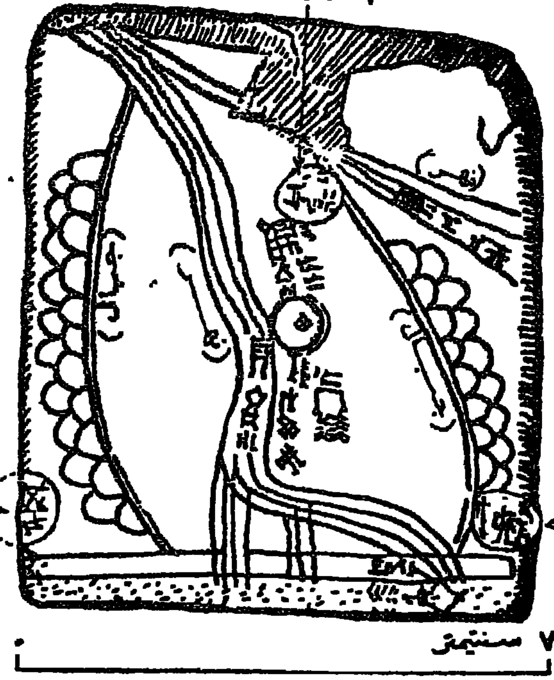
ولما كان للخرائط كل هذه الأهمية بالنسبة لنا جميعا ، فمن المفيد أن نستعرض هنا باختصار قصة الكرتوجرافيا التاريخية ، لأنها ستكشف لنا كيف كانت هناك محاولات لعمل الخرائط منذ بضعة آلاف من السنين ، وكيف تطورت هذه المحاولات عبر العصور ، وأفادت الإنسان خلال الخمسمائة سنة الأخيرة أو نحوها حتى استطعنا أن نرسم بمهارة أدق الخرائط وأحسنها في أيامنا الحالية .

قصة الخرائط عبر العصور

١ — البدايات القديمة :

احتاجت الحضارات القديمة إلى خرائط تبين عليها الطرق لتفيد جيوشها وتجارها ، واحتاجت كذلك إلى ما نعرفه اليوم بالخرائط الكدسترالية cadastral (المرسومة نتيجة المساحة التفصيلية) لكي تبين عليها حيازات الأرض من أجل أغراض فرض الضرائب . وفي الشرق الأوسط ، اكتشف علماء الآثار عدداً من الخرائط البابلية منقوشة على أقراص من الطين وتغطي مساحات تتراوح في أحجامها من العقارات والمدن إلى كل بابل . ومن بين هذه الخرائط ، وجد الأثريون عندما كانوا ينقبون في مدينة « جار — صور » Gar-Sur القديمة والتي تبعد إلى الشمال من موقع بابل بحوالي ٣٠٠ كيلومتر ، خريطة

مرسومة على قرص من الطين المحروق يرجع تاريخها إلى الألف الثالثة قبل الميلاد ، وهذه هي أقدم خريطة في العالم بين كل ما وجده الانسان من خرائط قديمة حتى اليوم (عمرها الآن حوالي ٤٥٠٠ سنة) . وتبين هذه الخريطة (شكل ١)



(شكل ١) أقدم خريطة في العالم . وُجدت حتى الآن ، مرسومة على قرص الطين في حفائر جار – صور في العراق (عمرها حوالي ٤٥٠٠ سنة) .

ة كبيرة تقع في وادي نهر (ربما نهر دجلة) وتمتد بين سلسلتين ، ومن المدهش أن اتجاهات الشرق والغرب والشمال مبينة على هذه يطة – ولكن ليس عليها مقياس رسم .

وهناك خريطة طينية بابلية أخرى ترجع إلى حوالي سنة ٢٤٠٠ قبل الميلاد . سور العالم المعروف على شكل قرص مستدير يحيط به نهر خرافي Oceanus

وفي مركزه بابل (شكل ٢) . هذه بالطبع خرائط بدائية . ولكن الإضافة الرئيسية التي قدمها البابليون للكارتوجرافيا (علم الخرائط) تتمثل في دراستهم لحركات الأجرام السماوية . وفي طريقتهم لتقسيم الدائرة إلى ٣٦٠° . وهو التقسيم الذي لا زال مستخدماً حتى اليوم .



(شكل ٢) صورة طبق الأصل لخريطة بابلية على قرص من الطين تبين العالم المعروف آنذاك متمركزاً حول بابل ، وتبين كذلك نصاً يقرر إنتصارات سرجون الأكدي (حوالي ٢٢٠٠ ق . م) .

أما ما بقي من خرائط مصر القديمة فأقل كثيراً ، ذلك لأن الكرتوجرافيين والمساحين المصريين استخدموا ورق البردى دائماً في رسم خرائطهم ، وهو بالطبع أقل تحملاً من الطين بكثير . ويرجع تاريخ أقدم خريطة مصرية معروفة لنا إلى حوالي عام ١٣٢٠ ق . م . ، وهي تبين مواقع الطرق إلى منجم للذهب في الصحراء الشرقية . ولكن هناك أدلة كثيرة على تطور صناعة الخرائط بمصر القديمة ، وبخاصة رسم الخرائط الكدسترالية (التفصيلية) التي كانت متطورة جداً . فقد كان المصريون أول من حسب المساحات ، وذلك عن طريق تقسيم العقارات الأرضية غير منتظمة الشكل إلى مثلثات تُعلم بأوتاد على الأرض — وهذه هي الطريقة التي تعرف بالمثلثات الشبكية Triangulation والتي لا زال المساحون يستخدمونها حتى اليوم . كذلك تبين النقوش الأثرية أن الأرض كانت تقاس بواسطة حبل أو سلبة ذات عقد — وهذا هو النموذج الأصلي لجنزير المساح chain الذي نعرفه اليوم .

أما في الشرق الأقصى ، فهناك ما يدل على أن الخرائط كانت تصنع في الصين منذ نحو ألفي سنة مضت ، ولكن ما وجدناه من خرائط الصين القديمة حتى الآن لا يرجع إلى أبعد من القرن الثاني عشر الميلادي .

وإذا أردنا أن نقيم خرائط الحضارات القديمة بصفة عامة ، وما أضافته لعلم الكارتوجرافيا ، نلاحظ ما يلي :

١ — تعكس هذه الخرائط القديمة المناخ الاجتماعي والفلسفي الذي ساد في تلك الأوقات ، فقد كانت هذه الخرائط بسيطة وعملية بشكل صارم .

٢ — السجلات الأثرية المتاحة وبعض الأمثلة الباقية من خرائط مصر القديمة ، تحدد مصر كأول مكان في التأريخ الكارتوجرافي . فقد عرفت مصر منذ وقت مبكر الخرائط التي تعين الحدود بين الملكيات العقارية ، وهي تشبه إلى حد كبير الخرائط الكدسترالية التي نعرفها اليوم . كذلك أضافت مصر إلى الكرتوجرافيا فكرة قياس المساحات غير منتظمة الشكل .

٣ — يرجع الفضل إلى البابليين في إعطاء مفهوم معقول العالم . فقد كان المفهوم البابلي للعالم يمثل الأرض على شكل قرص مستدير يطفو على سطح المحيط ، وينحني فوقه قوس سماوي ، وقد ظل هذا المفهوم ثابتا حتى أثناء العصور الوسطى . كما أدخل البابليون النظام الستيني ؛ إذ قسموا دائرة السماء إلى ٣٦٠ درجة ، وكل درجة إلى ٦٠ دقيقة وهذه إلى ٦٠ ثانية ، وبالمثل قسموا اليوم إلى ساعات ، وهذه إلى دقائق ، ثم ثوان — ومن ثم ربطوا الأرض بالسماء . ومن المعتقد أيضا أنهم عرفوا الجهات الأصلية الأربعة واستخدموها ، وكانوا يضعون الشمال في أعلى الخريطة — وربما كان وضع الشمال إلى أعلى في خرائطنا الحديثة اقتباسا مباشراً من خرائط البابليين . ونحن نعرف اليوم نوعاً من الخرائط الكدسترالية الكبيرة المقياس يسمى خرائط خطة المدينة town plan ، وأقدم خريطة من هذا النوع ترجع إلى القرن السابع قبل الميلاد ، وهي من بابل أيضا .

٢ — إضافات الإغريق :

وضع اليونانيون القدماء أسس الكرتوجرافيا الحديثة ، وظلت أعمالهم (والتي بلغت أوجها في دراسات كلاوديوس بطلميوس في القرن الثاني الميلادي) أكثر الأعمال تقدما في صناعة الخرائط حتى القرن الخامس عشر الميلادي .

وكان الفلاسفة اليونان القدامى ، كالبابليين ، يعتقدون في أول الأمر أن الأرض عبارة عن قرص مسطح تحيط به المياه من كل جانب ، كما صورت خرائطهم مناطق صغيرة فقط . ولكن ما أن حل القرن الخامس قبل الميلاد حتى كانوا قد عرفوا المنطقة الممتدة من المحيط الأطلسي إلى نهر السند ، ولكن معرفتهم بالمناطق الممتدة إلى الشمال وإلى الجنوب كانت محدودة بشكل كبير — ومن ثم هداهم تفكيرهم عن العالم المعمور بأنه على شكل مستطيل .

وعلى أية حال ، صاغ الفلاسفة الاغريق في بداية القرن الرابع قبل الميلاد النظرية القائلة بأن الأرض عبارة عن كرة . وقد أقاموا ذلك على أسس دينية

وفلسفية وليس على أي أسباب علمية . ولكن هكذا عُرفت الحقيقة عن طريق الخطأ - كما هو الحال غالبا في تاريخ البشرية . وكان أرسطو الفيلسوف الاغريقي يعلم تلاميذه أن الأرض كرة ثابتة ومتوازنة في مركز الكون . وفي عام ٣٧٠ قبل الميلاد ، حاول إيدوكسس Eudoxus of Cnidus أن يحسب طول محيط الأرض بقياس الفرق في ارتفاع نجم معين من مكانين مختلفين . ولكن رقامه كانت تتجاوز طول المحيط كما نعرفه اليوم بنحو ٦٠ / .

وكانت الإسكندرية المركز العلمي الرئيسي في امبراطورية الإسكندر الأكبر ، وقد عاش إيراتوستين Eratosthenes (٢٧٦ - ١٩٤ ق . م) في هذه المدينة أميناً لمكتبتها ، وكان أول رجل يحسب حجم الأرض بدرجة قريبة من الحقيقة . فقد لاحظ أن الشمس في يوم ٢١ يونيه (حزيران) من كل عام تكون مرئية في مياه بئر بمدينة أسوان ، ومن ثم فهي تكون في ذلك الوقت فوق سمت الراصد مباشرة . وبافتراضه أن الإسكندرية تقع إلى الشمال مباشرة من أسوان - أي أنهما على خط طول واحد (وهذا غير صحيح) - فقد قدر المسافة بينهما ، ثم قاس بعد ذلك زاوية ميل أشعة الشمس عند الاسكندرية ووجدها ١/٥٠ من الدائرة (أي حوالي ٧ درجات) . ومن هذه الحسابات استطاع أن يحسب طول خط الطول المفروض أن يكون طوله ٥٠ مرة قدر المسافة بين الإسكندرية وأسوان .

ورغم أن هذه القياسات والإفتراضات كانت غير صحيحة ، لأنه افترض أن الأرض كرة تامة الاستدارة (وهذا غير صحيح) . إلا أن أخطاءه ألغت بعضها البعض ، وجاءت النتيجة النهائية - كما تذكر بعض المصادر - في حدود ٥٠ ميلاً من الطول الذي نعرفه اليوم عن محيط الأرض .

وبعد ذلك بحوالي مائة سنة ، كان هناك تقدير آخر لمحيط الأرض ، توصل إليه بوزيدونيوس Posidonius عن طريق رصد النجوم ، ولكن تقديره كان أصغر كثيرا من الطول الحقيقي لمحيط الأرض ، إذ كان أقل

منه بمقدار الربع . ومن سوء الحظ أن هذا التقدير غير الصحيح هو الذي استخدمه الكرتوجرافيون بعد ذلك ، ومنهم بطلميوس نفسه . ومن سوء الحظ أيضاً أو من حسن الحظ ، أن كرستوفو كولمبس أخذ بهذا التقدير ، واعتقد — خطأ — في القرن الخامس عشر الميلادي أن أمريكا هي آسيا ، وأن الأرض في اعتقاده المبنى على هذا الخطأ كانت أصغر بكثير مما هي عليه . وربما ما كان قد أقبل على رحلته التي اكتشف فيها الامريكتين لو كان قد عرف الحقيقة أو كان قد أخذ بتقدير إيراتوستين .

وقد كان هيباركوس Hipparchus ، الذي عاش في منتصف القرن الثاني قبل الميلاد (١٤٠ ق . م) ، واحداً من أعظم علماء الفلك اليونانيين . وقد طور أفكار إيراتوستين في صناعة الخرائط ، وأكد ضرورة تعيين خطوط العرض والطول لعدد كاف من الأماكن بالرصد الفلكي قبل محاولة تجميع الخريطة ، كما اقترح أن تكون شبكة خطوط الطول والعرض منتظمة والمسافات بينهما متساوية .

وفي القرن الأول الميلادي ، طوّر ماورينوس الصوري Marinus of Tyre بعض أفكار الذين سبقوه عن مساقط الخرائط ، والتي كانت تبين خطوط الطول والعرض كخطوط مستقيمة تتجاهل تقارب خطوط الطول نحو القطبين . ولكن لم يبق شيئاً من كتاباته الخاصة بهذا الموضوع ، وإنما بقيت خرائطه وهي التي طُلب من بطلميوس بعد ذلك أن ينقحها في كتابه « الجغرافيا »

دور بطلميوس : على أن الكرتوجرافيا اليونانية بلغت أوجها على يد كلاوديوس بطلميوس السكندري Claudius Ptolemy . وما نعرفه عن حياة هذا الفلكي والرياضي اليوناني اللامع ، جد قليلة . وقد عاش في الاسكندرية في القرن الثاني الميلادي (٩٠ — ١٦٨ م .) ، وأتيح له الاتصال بمكتبتها ومتحفها العظيمين . وقد كتب بطلميوس عدداً من المؤلفات الهامة ، أعظمها من غير شك : المجسطي The Almagest ؛ والجغرافيا The Geographia (وتسمى

أيضا : الكوزموجرافيــا Cosmographia) . ويحتوي المجسطي عــلى أرصاده ونظرياته الفلكية ، والتي ظلت سباقة بارزة حتى كانت اكتشافات نيوتن في القرن السابع عشر الميلادي . أما كتابه « الجغرافيا » فيقع في ثمانية أجزاء : لحتوى الجزء الأول منها دراسة أسس صناعة الخرائط . واحتوت الأجزاء الستة التالية على كشوف بأسماء ثمانية آلاف موقع مع تقدير خطوط الطول والعرض لكل منها . أما الجزء الثامن فقد اشتمل على طرق رسم خريطة العالم ، ومساقط الخرائط ، وطرق عمل الارصاد الفلكية . وقد تضمن كتابه أيضا خريطة للعالم إلى جانب ٢٦ لوحة تفصيلية لأجزاء العالم المختلفة . على أن الباحثين المحدثين قد تساءلوا عما إذا كانت خريطة العالم هذه قد رسمها بطلميوس فعلا ، أم أن رسمها قد تم على أيدي باحثين آخرين جاءوا بعده واتبعوا مبادئه ومعلوماته المسجلة في كتاباته . والواقع أنه عندما أعيد «اكتشاف» كتابات بطلميوس في القرن الخامس عشر ، أنشىء كثير من خرائط العالم على أساس مبادئه وتوجيهاته المكتوبة (شكل ٣) . وظلت خريطته للعالم أحسن من أي مثيل لها . حتى في القرن الخامس عشر نفسه ــ أي بعد ألف سنة من منشئها الأصلي .



(شكل ٣) خريطة العالم كما رسمت على مسقط بطلميوس .

وبالمقاييس الحديثة ، تعتبر خرائط بطلميوس غير صحيحة . وكان أكبر مصدر لأخطائه هو تقديره لطول محيط الأرض بأقل من الواقع بكثير (٤٠٪) ، وقد اعتقد نتيجة لذلك أن أوربا وآسيا يمتدان من الغرب إلى الشرق نحو نصف امتداد الكرة الأرضية — أي ١٨٠° . وفي الحقيقة تغطى هذه الكتلة الأرضية العظيمة ١٣٠° فقط . كما أنه فشل في تصوير الهند كشبه جزيرة واضحة ، بينما بالغ كثيرا في مساحة جزيرة سيلان . وأظهر المحيط الهندي كبحر مغلق نتيجة فشله في اظهار شكل إفريقيا الحقيقي .

ولكن بالرغم من كل هذا القصور ، فإن كتابه « الجغرافيا » يمثل انجازاً عظيماً ويعتبر قمة الكرتوجرافيا اليونانية . ورغم أن صناع الخرائط من العرب في العصور الوسطى كانوا يستخدمون كتاب الجغرافيا لبطلميوس ، إلا أن هذا الكتاب كان قد اختفى في العالم الأوربي الغربي منذ وقت طويل حتى أعيد اكتشافه في أوائل القرن الخامس عشر ، عندما ترجم إلى اللاتينية . وكان هذا الاختفاء من سوء حظ العلماء والكرتوجرافيين الأوربيين ، لأنه كان يعني اختفاء مفهوم كروية الأرض بالنسبة لهم . ولهذا فقد إرتد معظم صناع الخرائط الذين جاءوا بعد بطلميوس إلى الفكرة القديمة القائلة بأن الأرض قرص مستدير يطفو على سطح المحيط .

٣ — الخرائط الرومانية :

كان المفروض أن يصنع الرومان خرائط جيدة ، فقد كان لديهم مساحون على درجة عظيمة من المران ، إلاَّ أن ما بقى ليبين إضافاتهم للكرتوجرافيا هو بضع خرائط تخطيطية Sketches وخرائط تفصيلية للمدن مثل خريطة خطة روما . فلم يكن الرومان مهتمين بالأفكار اليونانية الخاصة بمساقط الخرائط أو بتحديد الأماكن بواسطة خطوط الطول والعرض . وتعرف من اشاراتهم في كتاباتهم عن خريطة العالم ، أنهم إرتدوا إلى الفكرة القديمة عن الأرض بأنها قرص مستدير مسطح . فرسموا خريطة العالم على شكل دائرة تتوسطها

امبراطوريتهم التي شملت سواحل البحر المتوسط في مبالغة كبيرة . وجعلوا آسيا (التي تقع في الشرق) في أعلى الخريطة ــ فأصبح الشرق Orient في أعلى الخريطة (ومن هنا جاء تعبير Orientation أي التوجيــه) ، وهو الأمر الذي أخذه عنهم صناع الخرائط في العصور الوسطى حين وافق معتقداتهم المسيحية .

والواقع أن الرومان كانوا أناسا عمليين ، إذ اهتموا بالطرق وخرائطها أكثر من أي شيء آخر . فقد ذكر علماء التاريخ بصدق أن الرومان « غزوا العالم بدون خرائط ، ولكنهم استخدموا الخرائط في حكم هذا العالم » [1] ومن أهم إضافاتهم في هذا الموضــوع : لوحة بوتنجر Peutinger Table ، وسميت كذلك نسبة إلى شخص ألماني امتلكها في القرن السادس عشر . وهي ليست خريطة بالمعنى المعروف وإنما هي نوع من الرسوم البيانية التي توضح الطرق على شكل خطوط مستقيمة . ويرجع تاريخ هذه اللوحة إلى القرن الثالث الميلادي ، وهي عبارة عن لوحة طولها ٢١ قدما وعرضها قدم واحد ، رسمت عليها الطرق الرومانية مع بيان المسافات بين الأماكن المختلفة ، ولكن ليست فيها أية محاولة لبيان الاتجاهات . وهي على كل حال غنية بالمعلومات وتشمل الكثير من أسماء الأماكن . ومن الطريف أننا نجد في الوقت الحاضر خرائط طرق مبسطة من هذا النوع ، وهي التي تنشرها هيئات نوادي السيارات في دول العالم المختلفة

٤ ــ الخرائط في العصور الوسطى :

رسم الوحوش على المجهول من الأرض : كانت المعلومات الجغرافية متوقفة تماما في العالم الأوربي أثناء الفترة المبكرة من العصور الوسطى . واستعان صناع الخرائط بالخيال والأساطير غالبا لملء الفجوات والأماكن المجهولة

---

(١) Charlesworth, M.P. (1924) Trade Routes and Commerce of the Roman Empire, Cambridge, p. 13.

على خرائطهم وكـــان هناك في القرن السادس الميلادي راهب مصري (Cosmas Indicopleustes) استطاع أن يشهّر بفكرة كروية الأرض وأن ينشر المفهوم القديم الخاص بأن الأرض قرص مستدير . ورسم العلماء المسيحيون خرائط للعالم على غرار خريطة العالم الرومانية المستديرة كالقرص ، ولكن مع تعديل بسيط لكي يتناسب مع التعاليم المسيحية ، وذلك بأن جعلوا أورشليم (القدس) تحتل مركز العالم ، والجنة في أعلى الخريطة ــ وبذلك كان توجيه الخريطة نحو الشرق وهو في أعلى الخريطة . وساد أثناء هذه الفترة نوع عام من الخرائط . كان يسمى T-in-O ، أو خريطة العجلة (شكل ٤) . ويمثل شكل حرف O حد الأرض فهو على شكل قرص مستدير ، أما شكل T داخل الدائرة فيكونه خط أفقي يمتد من نهر الدن Don إلى نهر النيل ، وخط آخر عمودي عليه يمثل البحر المتوسط . وقد تنوعت هذه الخرائط تنوعاً كبيرا



(شكل ٤) الهيكل العام لخرائط T-in-O . لقد إستمالت فكرة الرومان عن شكل العالم كقرص مستدير عقول الناس في العصور الوسطى .

في الحجم والتفاصيل ، وبقي منها قلة بسيطة فقط . ومنها خريطة هيرفورد Hereford التي رسمت في نهاية القرن الثالث عشر (١٢٨٠) ، وهي تبين أشكالاً خرافية لأشخاص نصفها الأعلى من البشر ونصفها الأسفل من الماعز وغير ذلك من الحيوانات الخرافية ، بين ثروة من التفاصيل الخاصة بالتوراة مع السيد المسيح في أعلى الخريطة . أما المساحات الأرضية فمحرّفة بشكل كبير [1] .

دور العرب : وبينما تدهورت الخرائط في أوربا أثناء العصور الوسطى أو أو ما يسمى بالفترة المظلمة في تاريخ الخرائط ، كان العرب والمسلمون في منطقة الشرق الأوسط قد واصلوا حمل التراث الكرتوجرافي اليوناني القديم ، وأضافوا عليه . فقد أعاد العرب حساب طول الدرجة ووصلوا إلى نتائج دقيقة جداً ، وأنشأوا نماذج للكرات السماوية ودرسوا مشكلة مساقط الخرائط ، كما أنهم استخدموا الخرائط في تعليم الجغرافيا بالمدارس .

ففي الفترة المحصورة بين القرنين السابع والثاني عشر الميلادي نجد أن المعرفة الجغرافية والدراية بالخرائط تنتقل من أوربا إلى المراكز العلمية الكبيرة في بغداد وقرطبة ودمشق . ولذلك لم تكن النهضة في العلوم الرياضية والفلكية التي قامت في روما وأكسفورد وباريس في القرن الثالث عشر إلا انعكاساً للجهود العربية الاسلامية في ميدان الخرائط .

وكان مما ساعد العرب على تفوقهم الكرتوجرافي ، درايتهم الواسعة بالرياضيات والفلك وهي أمور تتصل حتى بدينهم (تطلب نظام الصلاة العناية بدراسة طرق تحديد القبلة . فاهتم العرب نتيجة لذلك بالدراسات الفلكية) ورحلاتهم ونظام حياتهم واتساع دولتهم الإسلامية (كانت فترة الحج فرصة

---

(١) توضح خريطة هيرفورد برسوم حيواناتها وأسماكها كيف تدهورت الكارتوجرافيا بعدما يقرب من ألف سنة من عصر بطلميوس . وهذه الخريطة محفوظة في مكتبة الكونجرس الأمريكية ، ولها صورة واضحة في كتاب .

Robinson ,A.H. (1960), Elements of Cartography, John Wiley, p. 6.

لتبادل الخبرات والمعلومات مع غيرهم من مسلمي الشعوب المختلفة ، وكذلك حين اتسعت الدولة الاسلامية تطلب الأمر تكوين جهاز للبريد ومد شبكة للطرق ، وبانتشار الطرق ازدهرت التجارة وامتد نشاطها إلى خارج أراضي الدولة مما أتاح لكثير من التجار المسلمين أن يدونوا مشاهداتهم في البلاد الأجنبية) . ومما ساعد العرب على هذا التفوق العلمي أيضاً ، حركة الترجمة العلمية التي قاموا بها خلال القرن الثامن الميلادي ، والذي شهد أيضا ترجمة كتاب « الجغرافيا » لبطلميوس . ومن هنا واصل العرب حمل تراث السلف من اليونانيين ، وقدموا الحلقة « المفقودة » — مهما كانت ضعيفة — بين العلوم القديمة إبان الفترة الكلاسيكية وبين بعثها الجديد بعد ذلك في عصر النهضة في أوربا .

ويعتبر « الخوارزمي » واضع الأساس الأول لعلم الخرائط العربي ، فقد ألف كتاب « صور الأرض » في النصف الأول من القرن التاسع الميلادي . ويقال إنه درس علم مساحة أو حساب المثلثات في الهند . ومما يؤسف له أن معظم الخرائط التي أسهم الخوارزمي في رسمها قد فقد .

وكان « المسعودي » أشهر صناع الخرائط العرب في هذه الفترة المتقدمة ، وكان قد ولد في بغداد ثم أمضى شبابه في الترحال والسفر ، وفي سني عمره الأخيرة زار مصر حيث توفي بالفسطاط . وقد حقق المسعودي اطلاعاً واسعاً على المؤلفات الجغرافية التي تيسرت له في عهده، وسجل خبراته في كتابه المشهور « مروج الذهب ومعادن الجوهر » . وتعتبر خريطته عن العالم من أدق الخرائط العربية ، وكان يعتقد باستدارة الأرض وضمن خريطته هذه خطين متعامدين أحدهما خط الاستواء .

على أن أعظم إضافة قدمهـا العرب إلى الكرتوجرافيا ، هي خريطة « الإدريسي » للعالم في سنة ١١٥٤ ، وقد رسمها حين كان مشمولاً برعاية الملك روجر الثاني Roger II ملك صقلية — وهو ملك نورماندي الأصل .



(شكل ٥) رسم تخطيطي لخريطة العالم للإدريسي (١١٥٤ م) .

وقد تضمنت خريطة الإدريسي معلومات من كلا المصدرين : الغرب المسيحي ، والشرق الإسلامي . وترجع أهمية هذه الخريطة بالنسبة للغربيين إلى ثروة المعلومات الخاصة بالجزء الآسيوي ، ومنطقة الشرق الأوسط ووسط آسيا بشكل خاص . وقد رسم الإدريسي خرائط أخرى واستخدم الألوان في خرائطه . فظهرت البحار باللون الأزرق ، بينما استخدم اللون الأخضر للأنهار ، واللون الأحمر والبني والأرجواني للجبال ، أما المدن فقد رسمت بدوائر مذهبة . والشيء الملحوظ في خريطة الادريسي وكل خرائط العرب الأخرى ، أنها موجهة نحو الجنوب ـ وبذلك يكون الجنوب في أعلى الخريطة

ولما كان معظم صناع الخرائط في العصور القديمة والوسطى يوجهون خرائطهم نحو الاتجاه المهم بالنسبة لهم ، فمن الطبيعي أن يكون الجنوب هو أهم إتجاه بالنسبة للعرب والمسلمين كافة ، إذ أنهم يطلون من خلاله نحو مكة المكرمة (لاحظ أن معظم مراكز العلم مثل بغداد ودمشق كانت تقع في الأجزاء الشمالية من الدولة الاسلامية) .

خرائط بورتولان البحرية : Portolan charts . وفي أواخر القرن الثالث عشر بدأ تطور رئيسي في تاريخ الكرتوجرافيا ، تمثل في انتاج خرائط بحرية تعرف باسم خرائط « بورتولان » ، وذلك بمساعدة آلة جديدة هي البوصلة البحرية التي انتشر استخدامها في أوربا منذ ذلك الوقت . وتظهر على هذه الخرائط سواحل البحر الأسود والبحر المتوسط وجنوب غرب أوربا بشكل دقيق . على أن هذه الخرائط لم تظهر تفاصيل الأراضي الداخلية ، كما ظل ينظر إلى الأرض على أنها مستوية . وقد تم رسم معظم هذه الخرائط بواسطة رسامين من إيطاليا (خاصة من جنوه) ومن قطالونيا . ويتصل بهذا النوع من الخرائط مجموعة من خرائط العالم ، عُرف أحسنها باسم « الأطلس القطالوني » Catalan atlas — أو خريطة العالم القطالونية — في سنة ١٣٧٥ . ولا ترجع أهمية هذا الأطلس إلى كونه تصويرا دقيقا للسواحل فقط ، وإنما لأنه أضاف معلومات كثيرة عن آسيا — خلال المعلومات التي استخلصت من سجلات الرحالة والمسافرين في القرنين الثالث عشر والرابع عشر (ومنهم ماركو بولو) .

وكان الأطلس القطالوني عملاً كرتوجرافياً قام به أبراهام كريسكيز A. Cresques ، وهو يهودي عاش في بالما بجزيرة مايوركا — إحدى جزر البليار في غربي البحر المتوسط — وظل سنوات كثيرة يعمل في خدمة بيتر الثالث ملك أراجون ، ككرتوجرافي وصانع آلات الخرائط . وبعد سنة ١٣٩١ ، اشتغل ابنه (Jafuda) كصانع خرائط أحيانـا في مدرسة هنري

الملاح المشهورة في سارجري Sargres بجنوب البرتغال . وكان هذا عشية فترة الكشوف الجغرافية العظيمة التي بدأها ربابنة السفن البرتغاليون .

٥ ـ تطور الخرائط في عصر النهضة :

شهدت الخرائط بعد ذلك في أوربا نهضة كبرى بعد التدهور الطويل الذي مرت به طوال العصور الوسطى ، إذ بدأت فترة تطورت الخرائط خلالها تطورا عظيما ، ظل مستمراً حتى اليوم ، وكانت بداية هذه الفترة في عصر النهضة الأوربية . ويمكن أن نرجع هذه النهضة الكرتوجرافية إلى ثلاثة أسباب رئيسية هي : (١) احياء « جغرافية » بطلميوس ؛ (٢) استخدام الحفر والطباعة ؛ (٣) الكشوف الجغرافية العظيمة .

ففي عام ١٤٠٥ ترجم كتاب بطلميوس « الجغرافيا » من اليونانية إلى اللاتينية ، وجاء ذلك نتيجة جهود الإيطاليين لدراسة تراث اليونانيين والرومان . وبالنسبة لأوربا ، فقد كان كتاب بطلميوس في حكم المفقود منذ كتابته حتى عصر النهضة ، وإن كان العرب قد حافظوا على هذا الكتاب . ومن خلالهم دخلت أجزاء منه بشكل غير مباشر إلى أوربا أثناء العصور الوسطى . وظلت جغرافية بطلميوس تؤثر في التفكير الجغرافي الأوربي حتى نهاية القرن السادس عشر ـ ولا شك أنها عاقت التقدم الكرتوجرافي خلال هذه الفترة ، وإن كانت أخطاء بطلميوس بالنسبة لامتداد العالم هي التي شجعت كولمبس على القيام برحلته وكشفه للأمريكتين .

كما كان التطور الكبير الذي طرأ على وسائل الحفر والطباعة من أهم أسباب تقدم الكرتوجرافيا خلال عصر النهضة . فقد كانت نسخ الخرائط حتى ذلك العصر ترسم باليد ، ولكن باختراع الطباعة وتقدم فنها أصبح في الإمكان إنتاج آلاف الخرائط بنفس اللوح الذي يتم حفر الخريطة عليه .

أما السبب الثالث لتطور الخرائط أثناء عصر النهضة فقد كان ممثلاً في

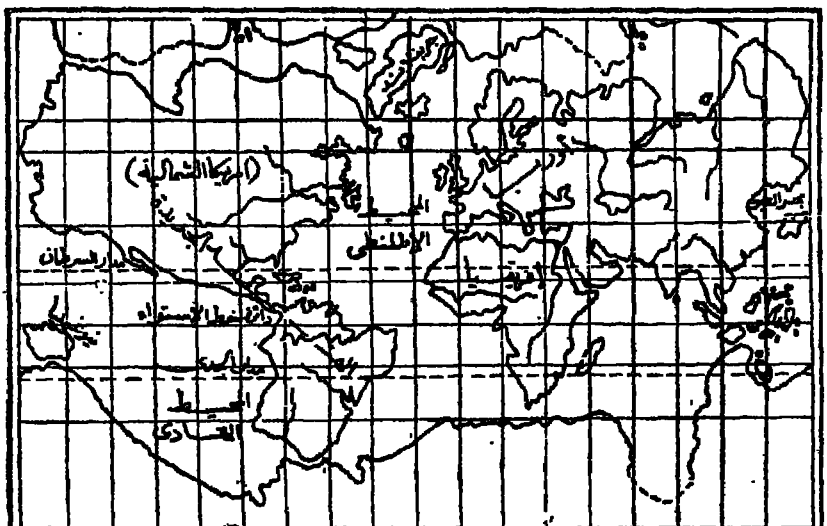
الكشوف الجغرافية العظيمة التي أضافت الكثير عن امتداد العالم وصححت كل فروض صناع الخرائط في هذا الخصوص .

ونتيجة لهذا التطور في صناعة الخرائط نشأت في أوربا عدة مدارس لرسم الخرائط أثناء عصر النهضة ، وكان أولها المدرسة الإيطالية . فقد ساير تطور الخرائط هناك النهضة التي شملت بقية العلوم والفنون . وقد أدى إلى تطور صناعة الخرائط في تلك الفترة تمتع إيطاليا بمركز جغرافي ممتاز وسط العالم المتمدن وتقدم الملاحة بها ومشاركة ملاحيها في الكشوف الجغرافية . وتعتبر خرائط بورتلان البحرية من أشهر الخرائط التي ظهرت في إيطاليا في ذلك الوقت ، كما طبعت جغرافية بطلميوس لأول مرة في إيطاليا في مدينة بولونيا عام ١٤٧٧ ، كما ظهرت كثير من الخرائط لكل أجزاء العالم المعروف . ولكن إيطاليا التي كانت تتمتع بمركز تجاري ممتاز في حوض البحر المتوسط بدأت في القرن السادس عشر تفقد هذا المركز نتيجة تحول طرق التجارة الأوربية من البحر المتوسط إلى المحيط الأطلنطي وطريق رأس الرجاء الصالح ، وما لبث أن تحول النشاط الكرتوجرافي إلى هولنده .

ويبدأ بعد ذلك عهد المدرسة الهولندية ؛ فقد ظهرت في هولنده في الفترة الممتدة من حوالي عام ١٥٧٠ إلى عام ١٦٧٠ مجموعة من أكبر صناع الخرائط في العالم . وكانت صناعة الخرائط قد بدأت هناك في مدينة أنتويرب ثم انتقلت إلى أمستردام . وفي بداية القرن السابع عشر أخذت الخرائط في هولنده تخطو نحو القمة ، وتوسع الهولنديون في إنتاج الخرائط الكبيرة . ولم يقتصر الناشرون الهولنديون خلال ذلك القرن على مجرد انتاج هذا العدد الكبير من الخرائط ولكنهم كانوا يعيدون طبع الخرائط عدة طبعات متتالية ، كما نشروها في عدة لغات أوربية . وإذا كان الكرتوجرافيون الإيطاليون قد أحيوا الكرتوجرافيا الكلاسيكية ، فإن الكرتوجرافيين الهولنديين قد نقحوها وزادوا عليها ، بل وحرروها بالتأكيد من نفوذ بطلميوس القوي . وكان مما ساعد على تفوق

الهولنديين في هذا المجال ، هو بروز هولنده كقوة بحرية عظيمة ومركز تجاري ممتاز بين الدول الأوربية ، وكذلك تكوين مستعمرات لها فيما وراء البحار – مما سهّل على صناع الخرائط فيها مهمة جمع المعلومات الدقيقة عن أطراف العالم . لكل هذا يعتبر عصر المدرسة الهولندية في الخرائط العصر الذهبي للكرتوجرافيا ، وظهرت فيه أسماء لامعة مثل جيرادوس مركيتور G. Mercator ، وأورتيليوس Ortelius ، وغيرهم من صناع الخرائط .

ويعتبر مركيتور (١٥١٢ – ١٥٩٤) بحق قمة الكرتوجرافيين الهولنديين ، فقد فحص الأعمال السابقة له وقام بكثير من الأبحاث المبتكرة ، وجمع كثيرا من المعلومات وقام برحلات كشفية . وضمن كل ذلك في خريطته عن العالم والتي طبعت في عام ١٥٦٩ (شكل ٦) . وإذا قارنا هذه الخريطة بغيرها من خرائط العالم التي طبعت قبلها بمائة سنة ، فسوف نجد فارقاً عظيماً . فقد ظهرت شبه جزيرة الهند على خريطة مركيتور بشكلها الصحيح (وإن كانت أصغر من الواقع بكثير) ، كذلك تحدد موقع سيلان بدقة ، وظهرت أمريكا الشمالية



(شكل ٦) خريطة العالم للكرتوجرافي مركيتور (١٥٦٩ م) .

بدرجة معقولة من الإتقان ، كما بدأت أمريكا الجنوبية تأخذ شكلها الصحيح . ولكن شهرة مركيتور ترجع إلى مسقط الخرائط المعروف باسمه — مسقط مركيتور الذي لا يزال حتى الآن يتمتع بثقة كبيرة بين الملاحين . وفي سنة ١٥٨٥ ظهر أعظم انتاج لمركيتور ، ممثلاً في الجزء الأول من أطلسه العظيم . وكانت كلمة « أطلس » قد ظهرت لأول مرة في هذا العمل وقصد بها مركيتور مجموعة من الخرائط . ثم توالى بعد ذلك ظهور الجزء الثاني ثم الثالث من هذا الأطلس ، الذي طبع ما لا يقل عن خمسين طبعة . وظهرت أيضا خرائط كثيرة وأطالس أخرى للكرتوجرافيين الهولنديين . نتيجة قيام عديد من بيوت النشر التي أغرقت أوربا بفيض من الخرائط ونماذج الكور الأرضية . على أن الناحية التجارية طغت على الناحية العلمية ، فحل الكم محل الكيف ، وانتهى الأمر بأن سلّم الرسامون الهولنديون القيادة إلى الفنانين الفرنسيين . وبتوالي السنين بعد ذلك ، وبظهور مدارس أخرى ، لم تعد للمدرسة الهولندية أي أهمية .

أما في فرنسا ، فقد أسس نقولا سانسون N. Sanson (١٦٠٠ — ١٦٦٧) المدرسه الكرتوجرافية الفرنسية ، وكان قد تأثر بالمدرسة الهولندية . وقد أدت جهوده إلى انتقال مركز انتاج الخرائط في العالم من هولنده إلى فرنسا منذ منتصف القرن السابع عشر . وقد واصلت أسرة سانسون حمل رسالته في الخرائط من بعده ، وهي تعد أشهر أسرة عملت في الخرائط ، وقد نشرت مجموعة كبيرة من الأطالس والخرائط وخرائط الطرق والأنهار في فرنسا . وكذلك مجموعة كبيرة من الخرائط التاريخية .

كما يرجع تاريخ المدرسة الانجليزية إلى الربع الأخير من القرن السادس عشر . ولكن التطور الأخاذ للكرتوجرافيا الانجليزية قد حدث أثناء الفترة الإليزابثية Elizabethian p. ، ممثلة في أعمال ساكستون Saxton وسبيد Speed المنشآن الحقيقيان للمدرسة الانجليزية ؛ فقد أنتج ساكستون أطلســاً بارزاً وأضاف خريطة بمقياس كبير (بوصة لكل ٨ ميل) لإنجلترا وويلز في

عشرين لوحة. أما سبيد فقد دفع بأعمال ساكستون إلى الأمام ونشر في سنة ١٦١١ « أطلس امبراطورية بريطانيا العظمى » ، وهو أطلس عظيم طبع ١٤ مرة حتى نهاية القرن الثامن عشر . أما إدموند هالي E. Halley فقد أتم الفصل المجيد في كرتوجرافيا القرن السابع عشر الإنجليزية بخرائطه المتيورولوجية وخرائط الإنحراف المغنطيسي .

أما المدرسة الألمانية فقد برز كرتوجرافيوها منذ القرن السادس عشر ، وصنعوا كثيرا من نماذج الكرة الأرضية وخرائط لوسط أوربا ، ومن أشهر هؤلاء سبستيان مونستر S. Munster الذي كتب جغرافية العالم والكوزموجرافيا .

هكذا نرى أن رواد عصر النهضة قد « بسطوا » إطار خريطة العالم ، ولكن كانت تنقصهم تفاصيل المحيط الهادي . وكانت معرفتهم عن ظاهرات سطح الكتل الأرضية ضئيلة ، ومع ذلك فقد أضافوا معلومات قيمة للطبعات الكثيرة لجغرافية بطلميوس . وأثناء القرن السادس عشر ، أظهر عدد من الفلكيين الرياضيين وكذلك الكرتوجرافيين والكوزموجرافيين ، إهتماما واضحاً بالخرائط الطبوغرافية ، ولكنهم فشلوا في حل مشكلة توضيح التضاريس – وذلك من حيث التمثيل الصحيح لدرجات الإنحدار ، والارتفاعات فوق مستوى سطح البحر . فلم يستطيعوا رسم اختلافات السطح من أودية وتلال وهضاب ، ولكن هذا التقدم جاء فيما بعد نتيجة جهود عمليات المساحة القومية والرسمية التي بدأت في أواخر القرن الثامن عشر والقرن التاسع عشر .

٦ – عصر الإصلاح والتجديد :

إمتد هذا العصر طوال فترة القرنين الثامن عشر والتاسع عشر . وكان فجر القرن الثامن عشر قد بزغ بآمال عريضة وتطلعات جديدة ، وتطلب الأمر اصلاح الخرائط وتغيير أسلوب الكرتوجرافيا بهدف تجديدها وتحديثها . وكانت دوافع ذلك كثيرة ، منها : تطور أدوات وآلات الملاحة والمساحة والتي أضافت الكثير إلى دقة الخرائط ، كذلك أدت حركة الارتياد والكشف

إلى ملء الأجزاء الداخلية التي كانت مجهولة من قبل سواء في الأقطار أو القارات ؛ كما أكد قيام القوى البحرية وجنون بناء الإمبراطوريات الحاجة الملحة لتوافر خرائط دقيقة . لكل ذلك شهد القرن الثامن عشر بداية حركة تصحيح الخرائط وتنقيحها مما شابها من أخطاء استمرت ملازمة لها قروناً بطولها .

وكان مركز انتاج الخرائط قد انتقل – كما ذكرنا – من هولندا إلى فرنسا التي نجحت أثناء ذلك القرن في صناعة خرائط علمية . وكانت الأكاديمية الفرنسية منذ نشأتها (في النصف الثاني من القرن ١٧) قد أخذت على عاتقها المشكلة الأساسية الخاصة بقياس خطوط الطول ، فقاست قوس خط الطول ، وعن طريق المساحة بشبكة المثلثات triangulation ؛ بدأت توقع بشكل دقيق خطوط سواحل فرنسا . ولما لوحظ أن هناك اختلافات في طول الدرجات على امتداد خط الطول ، فقد أثار هذا مسألة الشكل الصحيح والدقيق للأرض ، ومن ثم أرسلت البعثات خلال النصف الأول من القرن الثامن عشر إلى بيرو وشمال اسكنديناوه (في منطقة اللاب Lapland) لقياس أقواس خطوط طول أخرى . وقد انتهت هذه القياسات بتقرير حقيقة أن نصف القطر القطبي أقصر من نصف القطر الإستوائي .

وقام الكرتوجرافيون الفرنسيون برسم عدة خرائط للعالم ، وسلسلة من الأطالس لخرائط المدن والحصون ، وذلك من سنة ١٧٤١ حتى سنة ١٧٧٩ . وكان كاسيني C.F. Cassini من ألمع أولئك الكرتوجرافيين ، فقد بدأ عمليات المساحة بشبكة المثلثات في سنة ١٧٤٤ ؛ وتمخضت جهوده الباسلة التي استمرت أربعين عاماً عن خريطة طبوغرافية دقيقة لفرنسا في ١٨٢ لوحة . ولكن بنهاية القرن الثامن عشر كانت فرنسا قد فقدت مركزها الأول لصالح انجلترا – وإن ظلت فرنسا تالية لها مباشرة .

وإذا كان النصف الأول من القرن الثامن عشر قد شهد الكرتوجرافيا

الفرنسية وهي في قمة مجدها ، فإن النصف الثاني من ذلك القرن كان يمثل العصر الذهبي للكرتوجرافيا الإنجليزية . فقد تدفق كثير من الكرتوجرافيين الأجانب المشهورين (ومنهم فرنسيين) على انجلترا ، وأصبحت لندن « مصنعا » ضخماً للخرائط — حتى الخرائط الأمريكية الهامة كانت تطبع في لندن . وقد وجدت انجلترا كرتوجرافيا ممتازا هو « جون روكي John Rocque » ، الذي نشر خريطة كبيرة المقياس لمدينة لندن في ٢٤ لوحة ، سنة ١٧٤٦ . كما نشر خرائط أخرى متعددة للمدن والقلاع . وكان هناك رسامون مشهورون غيره مثل الانجليزي « جيمس رينل » الذي أنتج أول خريطة نموذجية للهند في سنة ١٧٨٣ . وكانت مصلحة المساحة البريطانية Ordinance Survey قد أنشئت في سنة ١٧٩١ ، وبها بدأ عهد جديد في تاريخ الكرتوجرافيا الانجليزية منذ بداية القرن التاسع عشر .

كارتوجرافيا القرن التاسع عشر : خطت الكرتوجرافيا خلال ذلك القرن خطوات كبيرة إلى الأمام ، وكان ذلك بفضل عوامل أخرى كثيرة . نلخص أهمها فيما يلي :

(١) نشأة عمليات المساحة المنظمة التي تشرف عليها الحكومات ، وقد تركزت هذه العمليات في الدول الأوربية بصفة خاصة وبعض الدول الأخرى كالهند واليابان والولايات المتحدة وكندا ثم مصر في السنوات الأخيرة من ذلك القرن . وفي النصف الثاني من القرن التاسع عشر كان جزء كبير من أوربا قد غطي بالخرائط الطبوغرافية . ويرجع الفضل في تقدم هذه العمليات المساحية إلى التقدم الكبير الذي طرأ على أجهزة المساحة في العصر الحديث . وبخاصة أجهزة التيودوليت theodolite ، وهو أساساً عبارة عن تلسكوب قوي يتصل بدائرتين مقسمتين إلى درجات ، إحداهما أفقية والأخرى رأسية ؛ وهو بذلك يستخدم في قياس الزوايا الأفقية بين نقطتين مرئيتين مساحياً قياساً دقيقا ، وقياس الزوايا الرأسية حيث يستخدمها المساح لحساب الاختلافات في الارتفاع .

(٢) أدى ابتكا طرق جديدة في الطباعة خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر إلى تحول عظيم في عملية إصدار الخرائط وسهولة انتاجها ؛ ففي سنة ١٧٩٨ إبتكرت في ألمانيا طريقة الطباعة الليثوغرافيــة Lithography (الطباعة على الحجر) . وبذلك سهلت الطباعة الليثوغرافية الملونة توقيع عديد من التفاصيل بالألوان المختلفة وبشكل واضح ، كما أمكن بواسطة هذه الطريقة طبع الخرائط على أوراق عادية رخيصة الثمن ، ومن ثم تخلصت الخرائط من عملية الطبع الشاقة التي تتم على ألواح النحاس المحفورة .

(٣) شهدت الكرتوجرافيا في بداية القرن التاسع عشر حدثاً مهماً يتصل بعملية توحيد القياس ، وهو انشاء النظام المتري وتحديده . فقبل ذلك الوقت كان يعبّر عن مقياس رسم الخريطة بوحدات القياس المحلية كالياردة والميل الانجليزي ، أو الفيرست versts الروسية ، أو التويس toises الفرنسية ؛ ولم تكن العلاقة معروفة بالدقة بين كل وحدة وأخرى من هذه الوحدات القياسية . ولكن بتحديد « المتر » كجزء من عشرة ملايين جزء هي عبارة عن طول مسافة القوس من خط الاستواء إلى القطب (أي ربع محيط الكرة الأرضية) ، كما حُسب حينذاك ، فقد أتاح ذلك وحدة قياس ثابتة يمكن استخدامها دوليا . ومنذ ذلك الوقت ، أصبح يُعبر عن مقياس رسم الخرائط بنسبة أو كسر بياني (مثلا مقياس ١/٢٥٠٠ يعني أن أي وحدة قياس على الخريطة يقابلها ٢٥٠٠ من نفس الوحدة على الأرض) . ومن ثم ، أصبح تحويل مقياس الرسم سهلاً ميسوراً ، ما دامت هذه النسبة مستقلة عن أي نوع من الوحدات القياسية ، وقد شجع هذا على كثرة انتاج الخرائط وتداولها بين أقطار الأرض المختلفة .

(٤) مكّن انتاج الخرائط الطبوغرافية لكثير من جهات الأرض إلى تصغير هذه الخرائط واصدارها في شكل أطالس . لذلك تميزت كرتوجرافيا القرن التاسع عشر بظاهرة التوسع الكبير في إنشاء الأطالس ، التي ساهمت في خدمة تعليم الجغرافيا ، وفي مجال الإدارة والحكم .

كما نلاحظ في هذه الفترة أن العلم أخذ يتفرع إلى عدد من التخصصات والميادين المنفصلة، الأمر الذي أدى إلى تطور علوم طبيعية معينة تتصل بتوزيعات ظاهرات أرضية معينة ؛ مثل علوم الجيولوجيا والنبات والميترورولوجيا ، وكذلك مجموعة علوم أخرى نسميها بصفة عامة العلوم الاجتماعية ، مثل علم الاجتماع والسياسة والاقتصاد والجغرافيا وغيرها . كل هذه العلوم احتاجت للخرائط في دراساتها . وكان لها أثر هام على انتاج الخرائط الصغيرة المقياس والتي تتضمن توزيعات مختلفة .

هكذا كانت عوامل تقدم الكرتوجرافيا خلال القرن التاسع عشر . وكانت المساحة البريطانية قد نشرت أول لوحة من خرائطها الطبوغرافية بمقياس بوصة للميل في سنة ١٨٠١ . وواجهتهم في نفس الوقت مشكلة تمثيل أشكال سطح الأرض ، ولكن بسرعة طوروا أشكال خطوط الهاشور hachure وخطوط الكنتور لتمثيل هذه الأشكال التضاريسية . ثم توالى بعد ذلك ظهور الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية ، وظهرت أيضا مجموعة من الأطالس ، أقدمها أطلس كاري Cary « الأطلس الانجليزي الجديد والصحيح » — الذي يرجع تاريخ نشره إلى سنة ١٧٨٧ — وظهرت منه عدة طبعات . كما ظهرت له أطالس أخرى جديدة مثل « الأطلس العالمي الجديد » New Universal Atlas في سنة ١٨٠٨ . أما بعد كاري، فقد ظهرت أسماء أخرى مشهورة في تاريخ كرتوجرافيا التاسع عشر بانجلترا ، مثل بارثلميو Bartholomew ، وأرو سميث Arrow Smiths ؛ ثم جونستون .

أما في الدول الأوربية الأخرى ، فقد كان في ألمانيا القرن التاسع عشر جغرافيون ممتازون مثل همبولت Humboldt ، وراتزل ، وريتر ، وبنك . وبفضل هؤلاء وغيرهم أصبحت ألمانيا أنشط دولة في انتاج الخرائط . وعاش في ذلك القرن ثلاثة من صناع الخرائط الألمان ، هم : برجاوس Berghaus ، كيبرت ، وبيترمان . وقد نشروا الكثير من الأطالس والخرائط المشهورة ، كما يرجع الفضل للألمان أيضا في ابتداع الطرق العلمية لتمثيل التضاريس . وفي

نهاية ذلك القرن أنتج الألمان خمسة نماذج تضاريسية كبيرة المقياس لجبال الألب . وهنا ينبغي أن نشير أيضا إلى الأطالس الفرنسية المعاصرة ، مثل أطلس فيدال دي لبلاش ؛ وسانت مارتن ، التي استطاعت أن تقف على قدم المساواة مع الإنتاج الألماني .

ثم تُوجت نهاية القرن التاسع عشر بإنتاج بعض الأطالس القومية العظيمة ، مثل أطالس فرنسا وفنلندا والسويد واسكتلندا وتشيكوسلوفاكيا . كما حققت مصلحة المساحة الجيوديسية بالولايات المتحدة الأمريكية إنجازات عظيمة مماثلة . أما أعظم إضافة أمريكية ، فقد تمثلت في الخريطة الأمريكية التي عرفت باسم « الخريطة الفزيوغرافية Physiographic map » ، التي أنشأها ولسيم ديفز W.M. Davis ، وطورها بعد ذلك لوبك A. Lobeck وإيروين رويس E. Raisz وزملاؤهما .

ويبدأ القرن العشرون . وتبدأ معه مرحلة جديدة في علم الكرتوجرافيا ، ولكنها مرحلة بارزة لم تشهد الكرتوجرافيا مثيلاً لها طوال تاريخها الطويل . ونظراً لأهمية هذه المرحلة ، فقد خصصنا لدراستها فصلاً مستقلا ننتقل إليه الآن .

(أنظر قائمة المراجع في نهاية الفصل الثاني) .

الفصل الثاني

الكرتوجرافيا في القرن العشرين .

لقد شهد القرن العشرون ثورة هائلة في صناعة الخرائط . فقد خلقت الحربان العالميتان – بتهديداتهما الحقيقية والمحتملة فوق جهات الأرض المختلفة – دوافع ملحة وتحديات جديدة للكرتوجرافيا . إذ تطلبت العمليات الحربية لكل قطاعات الجيوش – برية وبحرية وجوية – الكثير من الخرائط ، بل أدق وأحسن الخرائط . وبالتالي ارتفع انتاج الخرائط إلى مدى مذهل . فمثلاً ، قد لا نصدق أن عمليتين فقط من عمليات الغزو التي حدثت أثناء الحرب العالمية الثانية ، وهما جبهتا شمالي إفريقيا وساحل نورماندي بفرنسا ، قد استخدمتا نحو ٨٠ (ثمانين) مليون خريطة بلغ مجموع وزنها ٣,٩٩٠ طناً .

وحتى إذ تركنا خرائط الحرب جانبا ، نستطيع أن نؤكد أن انتاج وعدد الخرائط الأخرى المستخدمة في الأغراض المدنية أثناء السبعين سنة التي خلت من سنوات القرن العشرين ، يزيد بكثير عما أنتجه الإنسان من خرائط طوال كل عصور تاريخه السابقة .

الواقع أن العصر الذي نعيش فيه يعتبر فريداً في أهميته بالنسبة للكرتوجرافيا والخرائط بصفة خاصة ، سواء من حيث الكم أو الكيف . هو عصر لا يزال يخلق دوافع أكثر لنشاط كرتوجرافي أعظم ، ليس على المستوى القومي فحسب

وإنما على المستوى الدولي أيضا . وبصرف النظر عن الإنتاج الرائع في ميدان الخرائط الكرتوجرافية لكثير من دول العالم ، فهناك اليوم في كل الدول المتقدمة — وكثير من الدول النامية — مشاريع كرتوجرافية طموحة لإنتاج خرائط متنوعة في ميدان التخطيط الطبيعي والإقليمي ، لكي تزود هذه الدول بدراسات تفصيلية عن أنماط استخدام الأرض ، وأنماط توزيع السكان ومراكز العمران وغيرها من أنماط توزيع الظاهرات الاجتماعية والإقتصادية . ومن شواهد ذلك « الأطلس السوفيتي العظيم Grand Soviet Atlas » الذي طبع سنة ١٩٣٧ ، ثم ظهرت منه طبعات جديدة منقحة ؛ وكذلك جهود البريطانيين والأمريكيين واليابانيين المماثلة في هذا الصدد . ومن أمثلة ذلك أيضا خرائط استخدام الأرض land-use البريطانية التي بدأت لوحاتها الأولى في الظهور سنة ١٩٣٣ ، ثم مساحة استخدام الأرض الثانية في بريطانيا التي بدأت منذ سنة ١٩٦٠ .

كما شهد القرن العشرون أيضا قيام مشروع خريطة العالم الدولية International map بمقياس ١/ مليون ، والذي تقرر في المؤتمر الجغرافي الدولي الذي انعقد في باريس سنة ١٩١٣ . ورغم ظهور كثير من لوحات هذه الخريطة الدولية ، إلا أن المشروع —مع الأسف— لم يتقدم بخطى مطردة ، وذلك بسبب المنازعات الدولية ، وبخاصة الحربين العالميتين ، واستمرار التوتر العالمي الناشيء عن الحرب الباردة والساخنة وكذلك انقسام العالم إلى كتل أيديولوجية مختلفة .

والواقع أننا لا نستطيع أن نعدد هنا كل مظاهر التقدم الرائع الذي حققته الكرتوجرافيا فيما انقضى من سنوات القرن العشرين . ولكن يحسن أن نعرض فيما يلي العوامل التي ساعدت على هذا الإنجاز العظيم .

عوامل تقدم كرتوجرافيا القرن العشرين

هناك في الحقيقة عوامل عديدة ساعدت على تقدم كرتوجرافيا القرن

العشرين ، يمكن تصنيفها إلى مجموعتين . وتتمثل المجموعة الأولى في الدوافع الأساسية التي فرضت على الكرتوجرافيا أن تطور نفسها لكي تقابل الاحتياجات العديدة والمتنوعة من الخرائط الدقيقة ، والتي تطلبتها ظروف الحربين العالميتين ، وتطور أساليب البحث في العلوم المختلفة ، وتطور نظم الحكم والادارة ، وكذلك التخطيط العلمي الذي أخذت بأسلوبه معظم دول العالم .

أما المجموعة الثانية فهي مجموعة العوامل الفنية التي أدت إلى كل هذا التقدم في ميدان الكرتوجرافيا ، والذي دعت إليه مطالب المجموعة الأولى من هذه العوامل . وما يهمنا هنا هو أن نستعرض هذه العوامل الفنية .

ا ــ تطور طرق طبع ونشر الخرائط :

من المفيد هنا أن نلم بطرق طبع الخرائط ونعرف تطورها حتى وصلت إلى أساليبها الدقيقة المعاصرة . فبعد اختراع الطباعة في عصر النهضة بأوربا ، إبتكر أسلوب الحفر على النحـــاس copper engraving لطبع الخرائط ونشرها ، ويتلخص هذا الأسلوب في حفر تفاصيل الخريطة على لوح من النحاس باستخدام أدوات خاصة بالحفر ، حتى أنه حين يغطى اللوح بالحبر ثم يمسح ويصبح نظيفا ، يظل الحبر في الشقوق المحفورة فقط لكي ينطبع على ورقة حين نضغطها على اللوح النحاسي . والعيب الرئيسي للوح النحاسي هو ليونته ، حتى أن عدداً قليلا نسبيا من النسخ يمكن طبعه قبل أن تبدأ الخطوط الدقيقة في التلوث (الشلفطة) . ولكن ميزة لوح النحاس هو إمكان تنقيح وتصحيح الخريطة المحفورة بسهولة ، وذلك بطرق سطح اللوح ثم إعادة الحفر . ولهذا السبب لا تزال بعض هيئات انتاج الخرائط تستخدم هذه الطريقة (مثل خرائط الأدمرالية البريطانية) ، وإن كان اللوح المحفور في هذه الحالة يستخدم لعمل نسخة واحدة ، تطبع منها نسخ بعد ذلك بالطريقة الليثوغرافية التي سننتقل إليها الآن .

وفي السنوات الأخيرة من القرن الثامن عشر (١٧٩٨) إبتكر الألمان

طريقة الطباعة الليثوغرافية (الطباعة على الحجر) ، وملخصها أن الخريطة ترسم بالشكل العكسي — كما تظهر في المرآة — بحبر شمعي على لوح من الحجر الناعم ، وعندما يمر الحجر على حبر الطباعة فسوف يلتصق الحبر بالخطوط المرسومة فقط وويظهر على الورق الذي يضغط على لوح الحجر .

ورغم أن الطباعة على الحجر كانت أرخص وأسهل كثيراً من طريقة الحفر في طبع وانتاج نسخ الخرائط ، فقد ظلت هذه الطريقة فنية بدرجة عالية وتطلبت مهارة فائقة . ولهذا تطورت من هاتين الطريقتين في طبع الخرائط ، طرق أخرى في أواخر القرن التاسع عشر أسهل وأرخص نسبياً في انتاج الخريطة الأصلية على أي نوع من الورق ، وأهم هذه الطرق الجديدة هي : ١ — الطبع الفوتوغرافي photolithography (أي طريقـــة اقتران التصوير الفوتوغرافي بالعملية الليثوغرافية) . ٢ — طريقة الحفر الفوتوغرافي photoengraving .

ففي الطريقة الأولى ، تُصور الخريطة المرسومة على الورق فوتوغرافيا إلى الحجم المطلوب ، ثم تُبسط الصورة الســالبة negative على لوح حسّاس من الزنك أو الألومنيوم . وبعد غسيل اللوح الحساس تظل الصورة عليه (وتعالج كيمائيا لكي تثبت) ، وتكون قابلة للحبر الشمعي . وبينما تكون المساحات المصورة قابلة للحبر ، نجد المساحات الخالية (التي ليس بها خطوط أو رسوم) طاردة للحبر ، وذلك بجعلها مبللة بالماء . وبعد ذلك يقوس اللوح على اسطوانة مطبعة رحوية (دوارة) ، فتنتقل الصورة المحبرة إلى اسطوانة من المطاط ، ومن هذه إلى ورق الطباعة الذي ستظهر عليه نسخ الخريطة الأصلية . وبهذه الطريقة يمكن طبع الخرائط بسرعة عظيمة (حتى ١٠,٠٠٠ نسخة في الساعة) . وفي حالة طبع الخرائط الملونة ترسم أولاً نسخ منفصلة لكل لون ثم تطبع بحيث تتوافق فوق بعضها في النهاية . وتستخدم هذه الطريقة أساساً في طبع لوحات الخرائط التي تصدرها الهيئات الحكومية ، وإن كان استخدامها قد أخذ ينتشر في طبع الخرائط الأخرى الصغيرة المقياس . وهذه

هي الطريقة أفادت كرتوجرافيا القرن العشرين فائدة عظمى ، وأنتجت ملايين الخرائط الطبوغرافية الملونة .

أما الخرائط والرسوم البيانية التي تظهر في الكتب والمجلات الدورية فعادة ما يتم انتاجها بالطريقة الثانية — الحفر الفوتوغرافي . فالخريطة هنا تنقل فوتوغرافيا إلى لوح معدني ، وتقوى خطوط الصورة باستخدام مادة راتينجية مقاومة للأحماض ، أما المساحات بين الخطوط فتحفر بواسطة الحمض . ثم يثبت اللوح في قطعة من الخشب ، بحيث يكون سطح الصورة على نفس ارتفاع حرف الطباعة ، وهذا هو ما يعرف باسم « اكليشيه » عند رجال المطبعة .

ب — المساحة الفوتوجرامترية : Photogrammetry

يعني مصطلح « فوتوجرامتري » : علم القياس من الصور الجوية . وبالتالي يعني مصطلح المساحة الفوتوجرامترية : انشاء الخرائط الطبوغرافية من الصور الجوية المأخوذة رأسياً من طائرة متحركة . وهذا فرع جديد في كرتوجرافيا القرن العشرين ، وقد حقق خطوات رائعة في السنوات الأخيرة ، ولا زال يدخر الكثير في كرتوجرافيا المستقبل . فقد استطاع الكرتوجرافيون باستخدام هذا الأسلوب الجديد أن يرسموا الخرائط الطبوغرافية لأوعر جهات الأرض وأصعبها منالاً بالنسبة لوسائل المساحة الأرضية — وهي الأسلوب التقليدي في عمليات المسح الطبوغرافي ورسم الخرائط الناتجة عنه .

والواقع أن تاريخ التصوير الجوي يرجع إلى النصف الثاني من القرن التاسع عشر . ففي سنة ١٨٥٨ نجح الكرتوجرافي الفرنسي « جاسبارد تورناكون G. Tournachon » في إلتقاط صور فوتوغرافية من بالون على ارتفاع بضعة مئات من الأقدام ، وأنتج منها خريطة طبوغرافية لقرية قرب مدينة باريس .

وقد كان الأمريكيون في الحرب الأهلية سنة ١٨٦٢ أول من عرفوا

قيمة الصور الجوية المأخوذة من البالونات في الاستطلاع الحربي ، ثم تبعهم الروس بعد ذلك في سنة ١٨٨٦ . ولكن بالرغم من هذه التجارب المبكرة ، فلم يلعب التصوير الجوي دوراً هاماً في المسح الطبوغرافي إلاّ بعد اختراع الطائرة قبيل نشوب الحرب العالمية الأولى بقليل ؛ فقد أتاحت الطائرة أنسب الظروف التي يمكن أن تعمل فيها آلة التصوير (الكاميرا) الجوية . ومع ذلك ، فقد كان على الخرائط الطبوغرافية الدقيقة أن تنتظر نتائج المحاولات العديدة التي بُذلت لتطوير آلات التصوير وانتاج كاميرات مناسبة للظروف الجديدة .

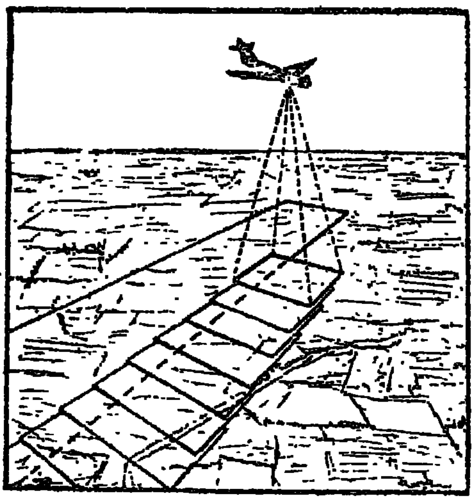
وهكذا اتضحت تماماً القيمة الكاملة للتصوير الجوي في الاستطلاع الحربي اثناء الحرب العالمية الأولى . وحدث تقدم عظيم منذ ذلك الوقت في دراسة أساليب القياس الفوتوغرافي ، وفي التوفيق بينها وبين رسم الخرائط الطبوغرافية . كما نشرت أثناء هذه الفترة مئات المقالات في المجلات والدوريات العلمية ، وكانت كلها تهدف إلى توضيح قيمة التصوير الجوي في كثير من الميادين العلمية المهتمة بدراسة أنماط سطح الأرض وتوزيعاتها الجغرافية ؛ مثل علوم الزراعة والآثار والبيئة الطبيعية (الإيكولوجيا) ، وكذلك علوم الغابات ، والجغرافيا ، والجيولوجيا ، والتربة ، ثم علوم الهندسة والتخطيط الإقليمي .

فمن الممكن أن يكشف لنا التصوير الجوي Aerial Photography عن البقايا الأثرية وأنماطها ، والتي لا يظهر منها أي شكل في حالة رسم الخرائط الطبوغرافية من المساحة الأرضية . كما يستطيع علماء البيئة بمساعدة التصوير الجوي أن يقدروا أعداد الحيوانات البرية ؛ فمثلا يمكن حساب عدد عجول البحر (الفقمات) المصورة على كتلة جليد طافية ، وذلك بشكل دقيق يستطيع منه العلماء أن يحسبوا العدد الواجب ذبحه لكي يضمنوا مورداً غذائيا مناسبا للعدد الباقي في مثل هذه البيئات الصعبة ، وحتى لا تنقرض حيواناتها نتيجة عدم كفاية الغذاء . كذلك يمكن استخدام الصور الجوية في متابعة إنتشار واتجاه جبال الجليد الطافية icebergs ، وذلك لدراستها بحيث نضمن سلامة طرق المرور بينها ، ولا تكون مهددة بها وخطرة على الملاحة . كما أكتشف

حديثا أن الآثار الناجمة عن اصطدام النيازك meteorites بالأرض منذ ملايين عديدة من السنين ، تظهر بشكل متميز على الصورة الجوية كدوائر منتظمة كبيرة الحجم ؛ ولم يكن أحد من قبل يشتبه في مجرد وجودها في الخرائط المرسومة من عمليات المساحة الأرضية . وهناك أيضا استخدام عملي ومباشر للصور الجوية، ويتمثل في دراسات التنبؤ الجوي الذي يستطيع المتيورولوجيون من خلاله أن ينبهوا في وقت مبكر — مثلا — عن قرب حدوث بعض الكوارث الجوية ، ومن ثم يحذروا السكان لكي يجلوا عن منطقة معينة تتهددها عاصفة من نوع عواصف الهيركان hurricane المخربة . وقد تلتقط مثل هذه الصور الجوية سواء من الطائرة أو من القمر الصناعي satellite .

كيفية إلتقاط الصور الجوية :

أصبحت معظم الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية تُرسم في الوقت الحاضر من الصور الجوية . والصور الفوتوغرافية الجويةهي صور رأسية vertical



(شكل ٧) من سلسلة الصور الفوتوغرافية المأخوذة من الجو ، يمكن رسم خريطة لمنطقة كبيرة في جزء يسير من الوقت الذي تتطلبه المساحة الأرضية .

تلتقط مباشرة إلى أسفل من طائرة متحركة . وتتلخص عملية الإلتقاط في أن كل صورة تالية تغطي حوالي ٦٠ / من الصورة السابقة لها — أي أن تلتقط سلسلة من الصور التي تتراكب أو تتداخل في بعضها البعض، وذلك بهدف انتاج صور مزدوجة في النهاية . وتبدأ العملية بأن تطير طائرة مزودة بآلة التصوير فوق منطقة معينة بحيث يغطي طيرانها سلسلة من الأشرطة الأرضية المتوازية ، بحيث يتداخل كل شريط في الشريط للسابق له وهكذا حتى يتم تغطية كل المنطقة المراد تصويرها جويا (أنظر شكل ٧) .

وقد عرفنا أن الغرض من هذا التراكب أو التداخل هو انتاج صور مزدوجة ، وحين نضع كل صورتين مزدوجتين (صورتان لمنظر واحد) بطريقة معينة في جهاز صغير يسمى جهاز التجسيم أو « ستيروسكوب Stereorscope »[1] ، فسوف نشاهد منظراً مجسماً لهذه المنطقة إذ تبدو التلال والأودية على شكل نموذج طبيعي بأبعاده الهندسية الثلاثة — وبالتالي يمكن أن توقع خطوط الكنتور من هذه الصور المجسمة .

ولكي تحول الصور الجوية إلى خريطة طبوغرافية دقيقة تظهر عليها ظاهرات سطح الأرض الطبيعية (كخطوط الكنتور التي تبين أشكال سطح الأرض من تلال وهضاب ووديان) وكذلك الظاهرات البشرية (كمراكز العمران والطرق والترع ...) ، توضع الصورتان المزدوجتان في نوع كبير ودقيق من أجهزة التجسيم ، يسمى Stereo-plotter ، بحيث تظهر فيه صورة المنظر الأرضي مجسمة بأبعادها الثلاثة ، وبواسطة نقطة سوداء تتحرك على شاشة المنظر ، يمكن للرسام المتمرن أن يتتبع دقائق الصورة وخطوط

---

(١) يتكون أبسط أنواع هذا الجهاز من عدستين ، المسافة بينهما هي نفس المسافة بين عيني الإنسان، وحين ننظر من خلالهما إلى صورتين مزدوجتين لنفس المنظر الأرضي ، نراه مجسماً بأبعاده الثلاثة . وقد نشأ هذا التأثير المجسم نتيجة إلتقاط الصورتين من زاويتين مختلفتين إختلافاً طفيفاً . ويحتوي النوع المعقد من هذا الجهاز على مناظير مزدوجة ، وهو يستخدم في رسم الخرائط الدقيقة من الصور الجوية .

الكنتور ، وبالتالي يحول الصورة المجسمة إلى شكل تخطيطي (هو الخريطة) على لوحة الورق .

هذه باختصار طريقة تحويل الصور الجوية إلى خرائط تفصيلية دقيقة ، وهذا إنجاز ضخم شهدته الكرتوجرافيا في القرن العشرين . على أن هذا ليس بالأسلوب الوحيد الذي يمكن أن نستفيد به من الصور الجوية . فمن الممكن أيضا أن نستخدم الصور الجوية مباشرة في صنع الخريطة ؛ فحينما نوفق الصور الجوية مع بعضها البعض ، يمكن بواسطة شف تفاصيلها المهمة أن نرسم صورة صحيحة لخريطة تفصيلية plan لمنطقة كبيرة . أو لمنطقة المدينة وما حولها (شكل ٨) . وقد سبق أن أشرنا إلى المدى الذي يمكن أن نستفيد منه من الصور الجوية في مجالات العلوم المختلفة ، فهي تزودنا بمعلومات كثيرة عن التربة والنباتات الطبيعية والزراعة والصخور والآثار وغيرها من مظاهر وظاهرات سطح الأرض .

والواقع أن الحرب العالمية الثانية ، منذ نشوبها في سنة ١٩٣٩ : قد أعطت قوة دافعة جديدة في مجال استخدام التصوير الجوي . وبخاصة في المخابرات العسكرية . فقد أعدت الدول المعنية مئات الرجال والنساء لهذا العمل الضخم منذ قيام هذه الحرب ، ودربتهم على أساليب تفسير الصور الجوية . كما أدخلت تحسينات محسوسة في كاميرات التصوير وأجهزة التجسيم وأشرطة الأفلام .

وقد حدث تطور هائل في مجال التصوير الجوي خلال الثلاثين سنة تقريبا التي انقضت منذ انتهاء الحرب العالمية الثانية . فقد استخدم التصوير الجوي في مسح مناطق البلدان النامية والمتخلفة ، وتم إنجاز عمليات المسح هذه بصورة أسرع وأرخص مما هو الحال في عمليات المساحة الأرضية . وقد ساعد هذا كثيرا في تقييم موارد مثل هذه المناطق ، وأتاح رسم سياسة تخطيطية متقنة لتطوير هذه الموارد وتنميتها . كما أن التطورات الحديثة في مجال التصوير الجوي قد مكنت من توسيع المنطقة الأرضية المراد مسحها جويا ، والمحصورة بين نقط محددة .



(شكل ٨) صورة جوية لمدينة بورت سودان ـ السودان

على أن التصوير الجوي له عيوبه أيضا وظروفه التي تجعله قاصراً في بعض النواحي . فبالرغم من أن التصوير اجوي قد عمل على زيادة ونمو المساحة الأرضية ، إلا أنه لا يمكن أن يحل محلها أو يلغيها تماماً . فستظل هناك مناطق من الصغر بحيث لا نجد مبرراً لتكاليف سحها جوياً والتي ستكون في هذه الحالة أعلى بكثير من تكاليف المساحة الأرضية . كذلك سنجد مناطق أخرى

محجوبة بالنباتات الطبيعية إلى الحد الذي يجعل تصويرها جوياً أمراً غير عملي . أضف إلى ذلك استحالة التصوير الجوي خلال السحب الكثيفة . وعلى أية حال ، فكل عمليات المسح الجوي تحتاج أولاً إلى عمليات مسح أرضي ينبغي القيام بها لضبط نقاط البدء والانتهاء في المسح الجوي ، وكذلك لمراجعة تفاصيل المسح الجوي على الأرض نفسها .

وكما هو الحال في المساحة التي تستخدم اللوحة المستوية (البلانشيطة) plane table ، يجب أن يكون هناك عدد معين من النقط المحددة على الأرض بواسطة المساحة الأرضية . ويجب أن تتحدد هذه النقط بوضوح على الأرض ، حتى يمكن توقيعها بالضبط على الصور الفوتوغرافية . وبعد ذلك ، يصبح من السهل توقيع التفاصيل إما من الصور الفوتوغرافية مباشرة ، أو باستخدام آلات التجسيم الدقيقة مثل جهاز stereo-plotter . ويجب ألا يغيب عن بالنا — على أية حال — أن ميزة التصوير الجوي تكمن أساساً في أننا نستطيع عن طريقه أن نصور منطقة كبيرة جداً من الجو في خلال بضعة أيام ، بينما قد يتطلب مسح هذه المنطقة بوسائل المساحة الأرضية بضعة سنوات .

الأقمار الصناعية والتصوير الجوي :

أسفر التقدم العظيم في مجال علوم الفضاء والتكنولوجيا العلمية عن بدء عصر الفضاء في سنة ١٩٥٧ . وأطلق خلال السنوات العشرة التالية أكثر من ٥٠٠ قمر صناعي إلى مدارات حول الكرة الأرضية . وكان من أهم نتائج هذا الانجاز العظيم ، تلك الثورة العلمية في الدراسات الجيوديسية (الجيوديسيا geodesy هي علم ودراسة تقوس سطح الأرض) .

وكنتيجة لثورة المعلومات الجديدة التي أتاحتها هذه الأقمار : أصبح الجيوديسيون على وشك حل المشكلة القديمة التي حيرت العلماء في الماضي ، وهي المشكلة الخاصة بشكل الأرض نفسها . وكان أول قمر صناعي صمم

لتقديم القياسات الخاصة بهذا الموضوع ، هو القمر « أنا رقم ١ب ANNA 1B » الذي أطلقه الأمريكيون في سنة ١٩٦٢ ، ثم تتابعت بعده أقمار جيوديسية أخرى أطلقها الأمريكيون والسوفيت والبريطانيون منذ سنة ١٩٦٥ و ١٩٦٦ . وتمثل هذه الأقمار أعظم وسائل نستطيع أن نرسم منها الخرائط المختلفة التي تبين مقدار انحراف شكل الأرض عن الشكل الكروي الصحيح .

وفيما يختص بدور الأقمار الصناعية في التصوير الجوي لعمل الخرائط ، فقد أثبتت هذه الأقمار أنها لا تقل في هذا الشأن عن الطائرات ؛ فهي مثلها تقدم ظروفاً ملاحية جوية مناسبة لكاميرات التصوير . بل لقد اكتشف العلماء في نفس الوقت أن الكاميرا المحمولة بقمر صناعي قادرة على تصوير شقة مستطيلة من الأرض طولها نحو ٣٠٠٠ ميل في كل عشرة دقائق . وكان معنى هذا أنه من الممكن رسم خرائط لكل سطح الأرض خلال بضعة أيام ، وأن المسح الطبوغرافي أصبح سهلاً نسبيا – وكان من قبل يحتاج من البعثات العلمية إلى شهور طويلة مضنية حتى تكتمل عملية المسح .

أي دولة ذات موارد مالية وفنية وقادرة على أن تبعث بأقمارها الصناعية حول الأرض ، تستطيع إذن أن ترسم خرائط لكل أجزاء الأرض – إذ لم يعد هناك جزء من الأرض بعيد عن منال كاميرات الأقمار الصناعية ، ولا يخفى علينا في هذه المناسبة الدور الذي تلعبه الأقمار الصناعية في مجال التجسس والمخابرات الحربية .

ومع أن تكاليف التصوير الجوي لا زالت مرتفعة ، وأن على علماء الطبيعة الأرضية والجغرافيا والآثار أن ينتظروا عقداً آخر حتى يستفيدوا تماما وبطريقة عملية من الصور الجوية في دراساتهم العادية ، إلا أن التصوير الجوي في مجال الفضاء قد أضاف بالفعل بُعداً جديداً وساحراً في دراسات أولئك العلماء المهتمين بفهم طبيعة وشكل سطح الأرض . ولدينا اليوم صوراً جوية إلتقطت لسطح الأرض من مئات الأميال في الفضاء الخارجي ؛ ومنها

مثلاً صورة شبه جزيرة الدكن الهندية التي أخذت من ارتفاع ٦٠٠ ميل فوق سطح الأرض ، وصورة أخرى لمنطقة القرن الإفريقي ومدخل البحر الأحمر ، وثالثة لمنطقة قناة السويس وخليج السويس ، وغيرها كثير . مثل هذه الصور الطبيعية الصحيحة ، والجميلة في نفس الوقت يمكن أن تكون لوحات جذابة في الأطالس الدراسية .

جـ ــ تطور أجهزة المساحة الأرضية :

لكي ندرك ما حدث من تطورات جديدة في عمليات المساحة الأرضية ، يحسن أن نلم أولا ــ وباختصار ــ ببعض المبادىء الأساسية في إنشاء الخرائط . ويتضمن إنشاء الخريطة التفصيلية إجراء قياسات معينة : تختص بالمسافة ، وبالزوايا الأفقية والرأسية ، والانحرافات bearings لتحديد الاتجاهات ، ثم خطوط العرض والطول لتحديد المواقع على سطح الأرض .

وتتمثل أبسط طرق رسم الخرائط في قياس المسافة . فمن المبادىء الهندسية نعرف أنه إذا كان لدينا الأطوال الثلاثة لجوانب المثلث ــ ودون معرفة قياس أي زاوية من زواياه ــ فلا بد أن ينشأ من هذه الأطوال الثلاثة شكل واحد فقط من المثلث . فمثلا ، الحديقة التي تأخذ شكل المستطيل ، تتكون أساساً من مثلثين . فإذا قسنا أطوال جوانب الحديقة الأربعة وكذلك أحد قطري المستطيل ، يمكن في هذه الحالة رسم خريطة تفصيلية لهذه الحديقة . إذن ، حينما نقسم المساحات غير منتظمة الشكل ــ مثل الحقول والمدن وغيرها ــ إلى مجموعة من المثلثات ، يصبح في الإمكان قياس أضلاعها وبالتالي نستطيع رسم خرائط دقيقة لها . هذه الطريقة من طرق المساحة الأرضية، تسمى طريقة « الأشكال ثلاثية الأضلاع Trilateration » ، وهي ــ كما نرى ــ لا تتطلب أي قياسات لزوايا المثلثات .

ورغم ما يبدو من بساطة وسهولة في هذه الطريقة ، إلا أن استخدامها بدأ منذ حوالي منتصف الخمسينات ــ وفي أكثر المساحات الأرضية تقدماً

التي تستخدم الأجهزة الإلكترونية المتطورة . فقد كانت صعوبة عملية قياس المسافات بالطرق التقليدية السبب المباشر في عدم انتشار هذه الطريقة البسيطة في عمليات المساحة الأرضية .

ففي عمليات المساحة ، يستخدم المساحون تنوعاً من الأدوات لقياس المسافة ، وتشمل الجنازير chains (طول الواحد منها ٢٠ متراً) والأشرطة المصنوعة من الصلب . ولكن الأشرطة الصلبية تتمدد وتنكمش بسبب تغير درجات الحرارة ، ويجب أن يؤخذ هذا في الإعتبار . ولذلك كانت معظم قياسات المسافة الدقيقة — حتى وقت قريب — تتم بواسطة أشرطة معدنية مصنوعة من سبيكة النيكل والصلب invar tapes ، فهي قليلة التأثر جدا بدرجات الحرارة . وتتميز عمليات القياس بهذا الشريط (٣٠ متر) بدقتها العظيمة ، ولكن حين نقيس بها مسافات قد تمتد عدة كيلومترات ، تصبح عملية القياس شاقة وبطيئة . ولهذا لم تكن طريقة « الأشكال ثلاثية الأضلاع » طريقة عملية في مسح المناطق العظيمة المساحة ، وكان من الضروري أن يلجأ المساحون إلى طرق أخرى — أكثر تطوراً — لقياس المسافات ؛ وهذا ما تحقق في منتصف الخمسينات .

وحتى الستينات من هذا القرن ، كانت طريقة « المساحة بالمثلثات الشبكية Triangulation » هي طريقة المساحة النموذجية والسائدة في العالم كله . وتقوم هذه الطريقة على الحقيقة الهندسية التي تقول بأنه إذا كانت زوايا المثلث الثلاث معروفة لنا (من خلال قياسها بالدرجات) وكذلك طول أحد أضلاع هذا المثلث ، فمن الممكن حينئذ حساب طول الضلعين الآخرين . فإذا كان لدينا خط قاعدة base line قسناه بدقة ، نستطيع منه أن نحدد نقاطاً أخرى فوق كل مساحة الدولة أو الإقليم على شكل سلسلة أو شبكة من المثلثات . وقد حدث هذا بالفعل في عمليات مسح مصر طبوغرافيا . وحدث كذلك في بريطانيا حيث نجد فيها ثلاثة خطوط قاعدية قيست على الأرض (أحدها على سهل سالسبوري ، والخطان الآخران في اسكتلندا) . وتم تحديد كل النقاط المساحية الأخرى ، التي توجد عادة فوق قمم التلال ، بقياس زوايا مثلثاتها .

قياس الزوايا : ويتم قياس الزوايا ، الأفقية والرأسية، بجهاز التيودوليت theodolite ، وهو أعظم أجهزة قياس الزوايا دقة وضبطاً . وهو أساساً عبارة عن تلسكوب قوي متصل بقرصين على شكل دائرتين مدرجتين إحداهما أفقية(٣٦٠°) والأخرى رأسية. ويرتفع الجهاز على حامل له ثلاثة أرجل، وبواسطة مسامير الضبط يستطيع المساح أن يحرك الجهاز حركة أفقية ليقرأ قياسات دقيقة للزوايا الأفقية المحصورة بين نقطتين مرئيتين. أما حين يحرك الجهاز رأسيا، فيستطيع أن يقرأ الزوايا الرأسية التي يستخدمها في حساب الاختلافات في الارتفاع . وتحدد مصلحة المساحة نقط الروبير Bench-marks ، وهذه عبارة عن نقط أو علامات محفورة على الصخر أو مثبتة على حوائط المباني ، وقد قيس ارتفاعها بدقة بالنسبة لمستوى سطح البحر عن طريق سلسلة من الميزانيات levelling . وعادة ما يكتب ارتفاع هذه النقط فوق سطح البحر على الخرائط التفصيلية plans .

والبوصلة المنشورية prismatic compass جهاز آخر يستخدم في قياس الزوايا الأفقية والانحرافات [1] . ويمكن حفظ البوصلة المنشورية في جيب المساح ، ولذلك فهي مفيدة في المساحة السريعة والتقريبية . وهي تتكون من بوصلة مغنطيسية ومنشور زجاجي (ومن هنا سميت بهذا الاسم) يرتفع فوقها من أحد جوانبها ؛ حتى يستطيع المساح أن ينظر من خلاله إلى الهدف الذي يوجه البوصلة إليه (عن طريق شظية رأسية في الجانب المقابل للمنشور) ،

(١) الانحرافات نوعان : أولهما هو الانحراف الجغرافي أو الحقيقي، وهو عبارة عن مقدار الزاوية التي يصنعها أي إتجاه مع خط الشمال الجغرافي – وهو الخط الواصل بين مكان الراصد والقطب الشمالي .

أما النوع الثاني فهو الانحراف المغنطيسي ، وهو عبارة عن مقدار الزاوية التي يصنعها أي إتجاه مع خط الشمال المغنطيسي – وهو الخط الواصل بين مكان الراصد والقطب المغنطيسي الشمالي .

ثم يقرأ درجة الانحراف في المنشور في نفس الوقت . وكثيرا ما تستخدم البوصلة المنشورية في طرق الترافرس compass traverses ، التي يستطيع المساح من خلالها أن يقيس الانحرافات على طول منطقة التجوال . وحين تقترن قياسات الانحرافات بقياسات المسافة ، يمكن توقيع هذه الانحرافات على لوحة الورق لتكوين خريطة أولية . ثم تحدد التفاصيل بعد ذلك على طول المنطقة ، مثل المباني والطرق والمجاري المائية ، وذلك بأخذ انحرافات من عدة نقاط – ولا نحتاج حينئذ لقياس المسافات .

وتعطي البوصلة المنشورية انحرافات مغنطيسية ، تفيد في تحديد الاتجاهات . ولكن هذه الانحرافات تختص بالشمال المغنطيسي ، ولذلك يجب إجراء عملية تصحيح لإيجاد الشمال الجغرافي أو الحقيقي . وهذه عملية تحتاج إلى بعض الحسابات ، كما أن البوصلة – بالاضافة إلى ذلك – تتأثر بوجود أي أدوات حديدية بالقرب منها . لذلك يمكن قياس الانحرافات الحقيقية (أي الاتجاهات من خط الطول الذي يشير إلى الشمال الجغرافي) بشكل أدق بواسطة جهاز التيودوليت . أما معرفة خطوط العرض والطول فتعتمد عادة على الأرصاد الفلكية . فحتى يعرف المساح خط الطول ، يقوم ببعض الأرصاد الفلكية لكي يعرف الوقت المحلي ثم يقارنه بوقت خط جرينتش وهو خط طول صفر درجة (١) .

وبمجرد أن يحدد المساح مواقع وارتفاعات سلسلة من النقط في منطقة معينة ، يبدأ في عملية رسم التفاصيل الطبوغرافية – كالتلال والأنهار والطرق والمدن – التي تقع بين هذه النقط . وقبل الحرب العالمية الثانية ، كانت تستخدم

---

(١) يستخدم الملاحون في السفن جهازاً صغيراً يسمى الكرونوميتر chronometer لإيجاد خط الطول (وهو نوع من الساعات الدقيقة للغاية) ، وجهازاً آخر يسمى سكستانت sextant لإيجاد خط العرض ؛ وذلك لتحديد موقع السفينة بالنسبة لخط الطول والعرض . ومنذ الحرب العالمية الثانية بدأت السفن تستخدم طرقا إلكترونية حديثة (مثل الرادار والموجات اللاسلكية) وذلك لتوجيه السفينة خصوصاً في حالات الضباب والسحب الكثيفة .

في عملية الرسم هذه مساحات اللوحة المستوية (البلانشيطة) plane table surveys والبلانشيطة عبارة عن لوحة رسم مستطيلة الشكل ومصنوعة من الخشب ، وترتكز على حامل بحيث يمكن تحريك اللوحة فوقه حركة أفقيةدائرية . وتثبت فوق لوحة البلانشيطة لوحة من الورق يتم فوقها رسم الخريطة المطلوبة . وعلى لوحة الورق تحدد كل النقط المعروفة وتوقع بدقة وبمقياس رسم مناسب . وتوضع اللوحة في مكان معروف ، ثم يستخدم المساح مسطرة توجيه (العضادة) alidade لينظر من خلالها إلى النقط المعروفة الأخرى ، وبهذه الطريقة يوجه اللوحة التوجيه الصحيح . وبعد تثبيت اللوحة ، ينظر من خلال مسطرة التوجيه إلى النقط الأخرى التي يراها مهمة من الناحية الطبوغرافية ، مثل أركان الحقول والمنازل ، ثم يرسم خطا — شعاعاً — بالقلمالرصاص من موقعه هو إلى الظاهرة التي يريد رصدها . ثم ينتقل إلى موقع آخر ويوجه اللوحة مرة أخرى وينظر إلى نفس التفاصيل ، ثم ينتقل مرة ثالثة وهكذا . وحيثما تتقاطع ثلاثة خطوط موجهة إلى نفس الظاهرة في نقطة ،فيكون موقعها قد تحدد . ويقيس المساح الارتفاعات بواسطة جهاز صغير يسمى الكلينومير clinometer ، وهو عبارة عن جهاز توجيه آخر يقرأ من خلاله زوايا الارتفاع أو الانخفاض (يقيس الاختلاف في الارتفاع بين نقطتين) . وبهذه الطريقة تنشأ الخريطة التفصيلية ببطء على لوحة الورق — وذلك إذا كانت الرؤية جيدة .

وقد أشرنا من قبل إلى أن المساحة الفوتوجرامترية (من الصور الجوية) قد حلت إلى حد كبير محل المساحة الأرضية على اللوحة المستوية منذ فترة الحرب العالمية الثانية .

المساحة الأرضية السريعة :

وبالرغم من انتشار المساحة الفوتوجرامترية ، إلا أن المساحة الأرضية قد شهدت أيضا ثورة في طرق المسح الطبوغرافي منذالخمسينات من هذا القرن ،

وبخاصة خلال تطور جهازين جديدين يستخدمان في قياسات المسافة بسرعة ملحوظة ، وهما : التيلوروميتر tellurometer ، ثم جهاز الجيوديمتر geodimeter .

وقد ظهر جهاز التيلوروميتر أولا في جنوب إفريقيا ، وهو يقيس المسافات بواسطة تسجيل الوقت الذي تنتقل فيه الموجات الكهرومغنطيسية electromagnetic بين نقطتين مرئيتين . ويمكن استخدام هذا الجهاز لمسافات قد تمتد إلى ٨٠ كيلومترا ، وهو صالح أيضا في الأحوال التي يسود فيها الضباب ، ولتسهيل العمل فوق المسافات الطويلة ، فقد زودت أجهزة التيلوروميتر بهاتف (تليفون) متنقل . وتصل دقة التيلوروميتر إلى نحو ١ : ١٠٠,٠٠٠ – أي نحو سنتميتر في كل كيلومتر .

أما الجهاز الجديد الآخر ، الجيوديميتر ، فيسجل سرعة الموجات الضوئية ، وكان أول ظهور لهذا الجهاز في السويد . والجيوديمتر أكثر قدرة ونجاحاً من التيلوروميتر في حالة المسافات القصيرة . وكلاهما يقيس المسافات – لا الزوايا – ومن ثم فطريقة المساحة المستخدمة هي المثلثات المقاسة الأضلاع ، أي الأشكال الثلاثية الأضلاع trilateration (التي أشرنا إليها في أول هذه الدراسة) وليست طريقة المثلثات الشبكية triangulation . ولكي نبيّن الفرق بين الطريقتين ، نذكر أن عمليات مسح الهند بطريقة المثلثات الشبكية قد استغرقت نحو مائة سنة حتى اكتملت ؛ بينما استرقت عمليات مسح استراليا بالطريقة الحديثة (المثلثات المقاسة الأضلاع) والتي استخدمت الأجهزة الجديدة في قياس المسافات ، أقل من عشرة سنوات .

كذلك بدأت طرق المسح الأرضي تستخدم في السنوات الأخيرة : الأقمار الصناعية وأشعة الليزر laser beams والحاسبات الإلكترونية computers . وهكذا تغيرت أجهزة وأساليب المساحة الأرضية تغيراً جذرياً ، واختلفت عما كان يجري في القرن التاسع عشر حينما كانت المسافات تقاس بالخطوة ثم

بجنزير المساح . وقد أضاف كل هذا إلى الثورة الهائلة التي شهدتها صناعة الخرائط في القرن العشرين .

ومع كل هذا التقدم الذي شهدته كرتوجرافيا القرن العشرين ، فلا زال نحو ٧٥ / من سطح الأرض اليابس ينتظر رسم خرائط طبوغرافية له بمقياس مناسب — مثلا مقياس ١/٥٠,٠٠٠ .

أقسام الكرتوجرافيا المعاصرة

لقد أصبح ميدان الكرتوجرافيا ميدانا فسيحاً ومتطوراً بفضل العمليات والأساليب الفنية الجديدة في صناعة الخرائط ، وكذلك بفضل ثروة المادة المتجمعة من التصوير الجوي وبيانات التعدادات المختلفة (سكانية وزراعية وصناعية) وغيرها من مظاهر نمو وتطور المجتمع المنظم في العصر الحديث .

وكان هذا كله مدعاة لتطور الكرتوجرافيا السريع في السنوات الحديثة ، وإلى تفرعها إلى عدد من أنواع النشاط الكرتوجرافي المنفصل . وفي هذا الانفصال دلالة طبيعية على النمو ، ذلك أنه حين تتطور العلوم أو الفنون ، لا بد أن يتفرع كل علم إلى أقسام تخصصية مختلفة .

وفي الوقت الحاضر ، هناك مرحلتان متميزتان يتألف منهما ميدان الكرتوجرافيا برمته ، وبالتالي يمكن التمييز بين الخرائط التي تُنتج في كل منهما :

١ — المرحلة الأولى ، وفيها نجد الاهتمام موجهاً نحو انتاج الخرائط الطبوغرافية التفصيلية لبيان المناطق الأرضية والمناطق البحرية ، وهي بالطبع خرائط كبيرة المقياس وتبين تفاصيل الظاهرات الطبيعية كخطوط الكنتور التي تحدد أشكال سطح الأرض ، والغابات ، والمجاري المائية كالأنهار والوديان ؛ وتبين كذلك الظاهرات البشرية (أو الصناعية) كالترع والمصارف والطرق

والسكك الحديدية ومراكز العمران المدنية والريفية . ويعتمد هذا النوع من الخرائط على العمليات المساحية الأرضية أو الجوية ، التي يقوم بها أولا المساحون المدربون ، ثم يسلمون نتائج ورسوم ما أجروه من عمليات مساحية دقيقة إلى الكرتوجرافيين الرسامين الذين يقومون بعملية الرسم النهائية حتى تكتمل الخريطة الطبوغرافية ويتم طبعها . ويهتم هؤلاء الكرتوجرافيون في خرائطهم بأمور معينة مثل شكل الأرض ومناسيب الارتفاع عن سطح البحر وتفاصيل الموقع . وهم يكونون مجموعة محترفة من الكرتوجرافيين تعمل في مصالح المساحة القومية وهيئات المساحة العسكرية بالدول المختلفة . وكما ذكرنا — نصنع هذه المجموعة عادة الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية التي تتضمن معلومات وبيانات عامة (ولذلك تسمى هذه المجموعة من الخرائط بالخرائط العامة الغرض) ، ومن ثم تؤلف هذه الخرائط القاعدة الأساسية ، التي يبدأ منها عمل الكرتوجرافيين في المرحلة الثانية .

٢ — أما المرحلة الثانية من النشاط الكرتوجرافي فغير واضحة التحديد ، وإن كانت على العموم تشمل الخرائط الخاصة special maps أو الخرائط الموضوعية thematic maps ذات المقياس الصغير . ومن أمثلتها الخرائط الجيولوجية ، وخرائط التربة ، والمناخ ، والخرائط الاقتصادية بما تشمله من خرائط استخدام الأرض والخرائط الزراعية والصناعية ، ثم الخرائط السياسية والتاريخية ، والخرائط الإجتماعية بما تشمله من خرائط السكان والعمران والدخل والأحوال الصحية والتعلينمية — وهذه كلها عبارة عن خرائط توزيعات لظاهرة مكانية (جغرافية) أو لأكثر من ظاهرة مكانية .

المهم أن فئة الكرتوجرافيين التي تنتمي إلى هذه المرحلة من النشاط الكرتوجرافي ، لا تصنع في معظم الأحوال خرائطها الخاصة نتيجة عمليات المساحة الدقيقة ، وإنما تستخدم الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية كخرائط أساسية ، تجمع منها ما تحتاج إليه من بيانات أولية ، ثم تشرع في عمل خرائطها

التي تضمنها علاقات جديدة وتعميمات وغير ذلك من معلومات خاصة تخدم أغراض بحوثهم ودراساتهم . وينتمي إلى هذه الفئة من الكرتوجرافيين : الجغرافيون والجيولوجيون وعلماء الاقتصاد والتاريخ والسياسة والاجتماع والسكان وغيرهم ممن يعملون في ميادين العلوم الطبيعية والاجتماعية ، ويحاولون خلال بحوثهم العلمية فهم وتفسير المركب الطبيعي والإجتماعي على سطح هذه الأرض . ولدينا في هذا الخصوص موضوعات وبيانات أساسية عظيمة التنوع والتباين بشكل غير محدود ، كما نجد العديد من طرق التمثيل الكرتوجرافي التي تستخدم لإنتاج أنواع مختلفة من الخرائط الخاصة أو خرائط التوزيعات الصغيرة المقياس في مختلف الميادين العلمية .

وفي داخل كل من هاتين المرحلتين الكبيرتين ، نجد هناك تخصصاً عظيما في أطوار جمع المادة وتصميم الخرائط ، كما هو الحال في الأطوار أو المراحل الثانوية التي تمر بها صناعة الخريطة الطبوغرافية من مسح ورسم وطبع . على أنه يجب أن نلفت النظر إلى أن كل هذه التخصصات والمراحل الكرتوجرافية تتداخل في بعضها البعض ، وبالتالي فإن التقسيم الصارم بينها أمر نادر الحدوث . صحيح أن هناك اعتبارات تفصل عادة بين الكرتوجرافيين المعنيين بالمساحة الطبوغرافية وبين أولئك المعنيين بجمع وتوليف الخرائط الخاصة ؛ ولكن هذه الاعتبارات لا تخلق بالضرورة هوة واضحة المعالم بين المجموعتين : ذلك لأن الأساليب الفنية التي تستخدمها كل فئة تتشابه في كلتا المرحلتين ؛ كما أن كرتوجرافيي المرحلة الأولى والذين يعملون في مصالح المساحة القومية ، لا يقتصر نشاطهم في الوقت الحاضر على إنشاء الخرائط الطبوغرافية فقط ، وإنما قد يقومون أيضا برسم أنواع معينة من الخرائط الخاصة ، مثل خرائط الطرق والمواصلات وخرائط استخدام الأرض وخرائط السكان .

مراجع الفصلين الأول والثاني

١ – محمد صبحي عبد الحكيم وماهر الليثي (١٩٦٦) ، علم الخرائط ، الجزء الأول ، مكتبة الأنجلو المصرية بالقاهرة (الفصل الأول) .

٢ – نفيس أحمد (١٩٤٧) ، جهود المسلمين في الجغرافيا ، الألف كتاب (٢٧٢) – ترجمة فتحي عثمان – باشراف وزارة التربية والتعليم المصرية (الفصلان الثالث والخامس) .

٣ – Clare, W.G. (1964), « Map Reproduction », Cartographic Journal, vol. 1, pp. 42-48 (London).

٤ – Crone, G.R. (1953), Maps and their Makers, Hutchinson : London.

٥ – Debenham, F. (1955), Map Making, 3rd ed., Blackie : London, (pp. 193-224).

٦ – Marshall Cavendish Leaning System : Geography (1969), The Making of Maps, London, 62 pp.

٧ – Raisz, E. (1948), General Cartography, 2nd ed., New York, (Part One : The History of Maps).

٨ – Robinson, A.H. (1960), Elements of Cartography, 2nd ed., New York, (Chapter 1 : The Art and Science of Cartography).

الفصل الثالث

أدوات وأجهزة الرسم

يتعامل كثير من الناس مع الخرائط ويستخدمونها بطرق مختلفة ، فهناك السائح وفتى الكشافة وسائق السيارة ورجل الإدارة وكذلك الكثير من دارسي الآثار والتاريخ والاقتصاد والاجتماع والسياسة والزراعة والحرب . كل هؤلاء يستخدمون الخرائط بطريقة أو بأخرى . ومع ذلك ، فلا يمكن أن نطلق على هؤلاء لفظ « كرتوجرافيين Cartographers » . فالكرتوجرافيون هم فقط أولئك المشتغلين بإعداد ورسم الخرائط ، وبالتالي يندرجون تحت عدة فئات . فمنهم العالم الباحث الذي يجد لزاماً عليه أن يعد الخرائط كأداة من أدوات البحث تساعده على التحليل الذي قد يستنتج منه معلومات ومعرفة جديدة . ومن الكرتوجرافيين أيضا ذلك الكاتب الذي يستخدم الخرائط كبديل عن الكلمة المكتوبة ، أو كأداة مساعدة في عرض هذه الكلمة سواء أكانت في كتاب أو مقال أو أطلس . وهناك أيضا رسّام الخرائط الطبوغرافية الذي يعرض في هذا النوع من الخرائط نتائج المسح الميداني أو المسح الجوي photogrammetric survey ، وكذلك الرسّام الفنان draftsman الذي يرسم الخرائط من أجل شخص آخر . كل هؤلاء كرتوجرافيون بشكل أو بآخر . وكل منهم يجد أن من المفيد له أن يكون ملماً بالطرق والأساليب الأساسية المستخدمة في الكرتوجرافيا .

وتدخل كل عمليات العرض المتضمنة في عمل أو صناعة الخريطة تحت تصنيف أساسي هو ما اصطلح على تسميته بـ « التكنيك الكرتوجرافي » — أي طرق وأساليب الإنجاز في الكرتوجرافيا . وعملية الرسم الفعلي هي مجرد جزء فقط (وإن كان جزءاً مهماً) من المجهود الفني الداخل في صناعة الخريطة . ويتضمن هذا الجزء الطرق الآلية mechanical التي بواسطتها تُوقع الخطوط والرموز والحروف وغيرها من العلامات على سطح ورقة الرسم . وهذه هي ما نسميها : أساليب الرسم drafting techniques ، وهي كما ذكرنا جزء مهم من مجموع التكنيك الكرتوجرافي .

وتستلزم عملية الرسم بالضرورة أساليب أخرى لإستنتاج أنواع كثيرة من عناصر القياس ، مثل طرق تحديد أبعاد شكل نريد رسمه بحيث يكون صحيح المقياس ، أو طرق تقسيم الخطوط إلى أجزاء متساوية ، أو تحديد أطوال معينة على خطوط الأقواس . بعض هذه الطرق يحتاج إلى علم الحساب ، وبعضها يمكن انجازه بمساعدة أدوات بسيطة . بينما يتطلب بعضها الآخر أنواع مختلفة من عمليات الرسوم البيانية .

ولما كانت أنواع واستخدامات الخرائط تتعدد بشكل عظيم ، فنجد أن مراتب الأنواع المختلفة من الرسوم الفنية والعمليات القياسية التي ينبغي على الكرتوجرافي أن يقوم بها ، تتدرج من الأشياء البسيطة كرسم الخطوط المستقيمة . إلى عمليات أكثر تعقيداً مثل قياس مساحة غير منتظمة الشكل ، ثم إلى الأساليب الفنية الأكثر تقدماً مثل تطبيق طرق التظليل أو التلوين على خريطة تجهز للطباعة . ولكي نحيط بكل الأساليب الممكنة التي قد يواجهها صانع الخريطة ومستخدمها ، فقد يحتاج الأمر إلى بضع كتب من هذا الحجم ؛ ومع ذلك يجد بعض الناس أن من المفيد لهم أن يلموا بكثير من الأساليب الكرتوجرافية غير دقيقة التخصص : ومن هؤلاء ذلك الباحث الذي يصنع الخرائط بهدف أن تعينه في أبحاثه الخاصة ، وكذلك الدارس أو الطالب الذي يرسم خرائط صغيرة ومتوسطة المقياس لعرض بيانات دراسته عرضاً جغرافياً

(مثل توزيع الظاهرات وتصوير علاقاتها المكانية) ، ثم ذلك الذي يباشر عملاً كرتوجرافيا كان قد كلّف أحد الرسامين بالقيام به .

إذن ينبغي على الباحث أو الطالب الذي يجمع البيانات الخاصة بخريطة أصلية يريد أن يرسمها لإستخدامه الشخصي أو لعمل دراسي قابل للنشر ، ينبغي أن يكون ملماً بالأساليب اليدوية والطرق الأساسية التي تحتاجها عملية التجميع والتوليف وكذلك العمليات الأساسية في رسم وقياس الخرائط — إلى الحد الذي يصل به إلى المستوى المعقول .

والأدوات والوسائل التي يستخدمها الرسام عادة بسيطة نسبيا . وهي أساساً مصممة بحيث تعطيه قدراً عظيماً من الإتقان والدقة . وكل ما هو مطلوب ، قدر قليل من الدراية والمهارة حتى يمكن استخدام هذه الأدوات بشكل مناسب ومضبوط ومهارات الرسم يمكن أن تكتسب مع شيء من التمرين والمثابرة ، وهي كأي مهارة أخرى تتطلب التنسيق بين اليد والعين والذهن .

مهمات الرسم

تتنوع المواد والأجهزة والآلات التي قد يستخدمها الكرتوجرافي حتى أنها قد تؤلف قائمة طويلة جدا . على أن معظم عمليات الرسم تحتاج فقط لعدد صغير من الآلات والأجهزة . ومن المفيد لأي طالب لديه بعض الاستعداد في رسم الخرائط والرسوم البيانية التقريبية ، أن يحصل على مهمات الرسم الأساسية . فتكاليف الفئات غير المستهلكة من هذه المهمات والمواد صغيرة نسبياً ، لأن الأنواع الجيدة من الآلات والأجهزة يمكن الحصول عليها من السوق بأسعار متباينة تماما . أما فئة المواد المستهلكة مثل الأوراق والألوان والأحبار وأقلام الرصاص ، فيمكن شراؤها حسب الحاجة اليها . وهناك موزعون عديدون لأجهزة وأدوات الرسم ، وغالبا ما نجد في أي مؤسسة

تجارية للرسم تنوعاً كبيراً نسبياً يمكن أن نختار منه . ولما كانت الآلات الممتازة الصناعة مكلفة نسبياً ، فيحسن أن يبدأ الكرتوجرافي المبتدىء بأصناف الأدوات الرخيصة ، ثم يستبدلها حينما يصبح ملماً بالأصناف المرغوبة .

ويجب أن ندرك من البداية أن أجهزة وآلات الرسم أدوات دقيقة ومصنوعة من مواد جيدة النوع ، وإذا حفظت نظيفة وجافة فسوف تعود بالكسب على صاحبها . أما إذا حفظت الآلات مفككة وغير معتنٍ بها في صندوقها ، فسوف يكون من السهل أن تتلف أطراف الإبر والأطراف الحادة للأقلام والريش وغيرها . وطبيعي أن الآلات النظيفة والجيدة التشغيل لا تخلق من مستخدمها رساماً جيداً ، ولكن ليس هناك رسام يستطيع أن يعمل عملاً جيداً بآلات قذرة أو صدئة لأنها لن تكون مضبوطة .

أولاً : أجهزة الرسم

ترسم الخرائط والرسوم البيانية عادة على لوحات الرسم المصنوعة بعناية من خشب لين بحيث تكون مستوية السطح . وهي ذات أحجام متعددة ولكن أصغر أحجامها العملية للرسم العادي هي ٤٥ × ٦٠ سم (١٨ × ٢٤ بوصة) . أما لوحات الرسم الأكبر حجماً من ذلك فتستخدم كسطح لمنضدة الرسم والذي يمكن تحريكه أو تعديله من حيث الإرتفاع والميل . وإذا لم نستطع أن نستخدم منضدة رسم من هذا النوع ، فيمكن أن نستبدلها بوضع كتاب تحت الحافة البعيدة للوحة الرسم الصغيرة وبذلك نحصل على سطح مائل مريح في عملية الرسم .

وكثيراً ما يرسم الكرتوجرافيون خرائطهم على الورق الشفاف ، وفي هذه الحالة يحسن جداً أن نغطي لوحة الرسم الخشبية بغطاء ورقي أبيض أو فاتح اللون ، وذلك لكي يكون التباين قوياً بين اللوحة وسطح الورق الشفاف ، ومن ثم يقل إجهاد العين أثناء عملية الرسم . وقد تُطبع شبكة مربعات على بعض هذه الغطاءات الرقيقة ، وذلك لكي تسهل عملية تخطيط الرسم وإطار

الخريطة . ويمكن تثبيت ورقة الرسم على اللوحة باستخدام الشريط اللاصق أو دبوس الرسم الذي يثبت بابهام اليد ، ولكن عادة ما يكون الشريط اللاصق أكثر فائدة في هذا الخصوص . ويفضل استخدام الأشرطة الخاصة بالرسم ، وهي من أنواع السيلوفان وغير شديدة الإلتصاق ، ومن ثم لا تتلف وسائل الرسم عندما تزال من عليها . أما دبابيس الرسم فتترك ثقوباً في اللوحة تضايق أحيانا ، كما أن رؤوس الدبابيس تمنع حرية حركة أدوات الرسم المسطحة كالمساطر والمثلثات .

وهناك منضدة من نوع خاص تسمى « **منضدة الشف** » **Tracing-table** ، وتستخدم عندما نحتاج إلى نسخ أو شف رسم معين على سطح غير شفاف مثل ورق الرسم الأبيض . ويتكون سطح هذه المنضدة من زجاج متين شفاف ويضاء من أسفل بواسطة مصباح كهربائي عادي أو بضوء الفلورسنت . وهذه المناضد متاحة في كل منشآت الرسم التجارية ، كما لا يخلو منها أي مرسم مناسب أو حجرات الرسم بأقسام الجغرافيا وغيرها من الأقسام المماثلة . كما يمكن لأي رسام أن يقلد فكرتها ويصنع واحدة لنفسه — حتى إذا اضطر إلى استخدام لوح النافذة الزجاجي في حالة العجلة . ومن المهم في هذه المناضد أن يكون تركيب المصباح سهل الحركة حتى يسهل تحريك مصدر الضوء في الاتجاهات المختلفة ، لأن تحريك مصدر الضوء يمنع ظهور ظلال أطراف الآلات على ورقة الرسم ، وهذه مسألة ضرورية عند توقيع المواقع أو رسم الخطوط الدقيقة .

وتستخدم على ورقة الرسم **مسطرة حرف T** **T-Square** ، وأنواع من **المثلثات ومساطر المنحنيات** **Curves** . وتناسب مسطرة حرف T من النوع البسيط برأس ثابتة كل احتياجات الكرتوجرافيين . وتصنع هذه المساطر من المعدن أو الخشب الجامد ، وقد تزود بحد لدن شفاف . وقد يفضل الكرتوجرافي مسطرة من هذا النوع ، لأن الحد الشفاف يمكنه من رؤية جزء من الرسم تحت المسطرة ، وبذلك يستطيع أن يبدأ رسم الخطوط ويتوقف عند الأماكن الصحيحة . وتتحرك المسطرة على طول جانب واحد من لوحة

الرسم . وإذا احتجنا إلى رسم خطوط عمودية على خط رُسم على طول المسطرة حرف T ، فينبغي رسمها بواسطة المثلث الذي يُسند في هذه الحالة على حافة المسطرة ، وليس بوضع المسطرة على الحد الأعلى للوحة الرسم — لأن جانبي اللوحة ليسا متعامدين تماما في العادة .

أما المثلثات ، فتكفي ثلاثة منها في رسم معظم الخرائط : مثلث صغير وآخر كبير ٣٠° ، ثم مثلث متوسط الحجم ٤٥° (متساوي الساقين) . وهنالك أنواع جيدة ودقيقة من هذه المثلثات .

أما مساطر المنحنيات ، وتسمى أحيانا French curves ، فلها أطراف منحنية نسند إليها القلم أو ريشة التحبير عندما نريد رسم خطوط سلسة الميل ، ولكنها ليست أقواساً من الدوائر — لأن هذه ترسم بالفرجار . ويحسن عند تحبير الخطوط المرسومة بهذه المساطر ، أن نضع تحت مسطرة المنحنيات قطعة من الورق المقوى أو ورق النشاف حتى ترتفع حافة المسطرة عن سطح ورقة الرسم وبذلك لا ينساب الحبر تحت حافة المسطرة . وفي حالة رسم خطوط المنحنيات الكبيرة ، يحسن استخدام المسطرة المرنة flexible curve التي تصنع عادة من البلاستيك المرن ، ويمكن تطويعها حسب شكل خط المنحنى المطلوب ، كما ترسم بها خطوط الطول والعرض المنحنية . وهناك نوع من المساطر المرنة له فقرات في تركيبه ، بحيث تتداخل هذه الفقرات أو تتسع حسب حركة تطويع المسطرة . ويوضح (شكل ٩) بعض أنواع المساطر المرنة لرسم المنحنيات .



مسطرة مرنة ذات فقرات

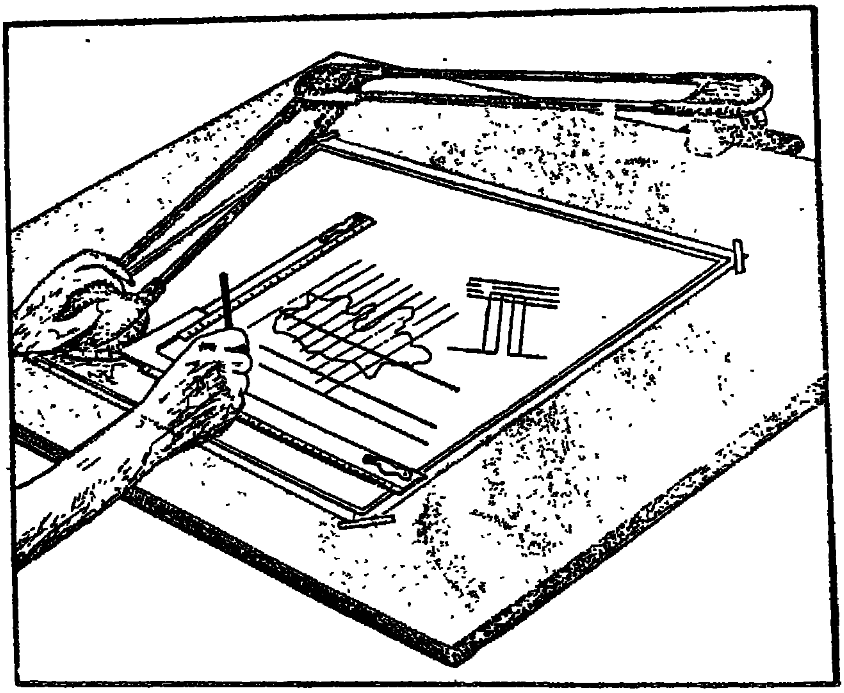


مسطرة لينة من البلاستيك

(شكل ٩) بعض أنواع مساطر رسم المنحنيات .

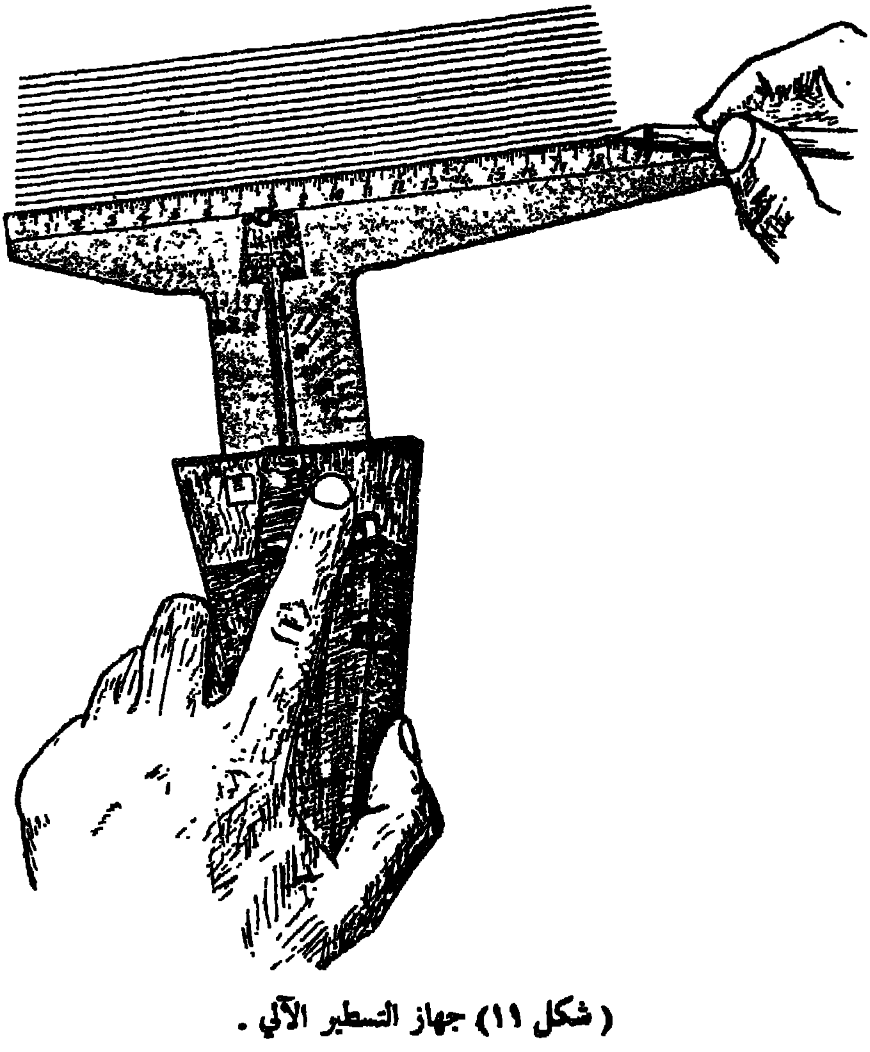
ويضاف إلى هذه الأدوات الأساسية ، مجموعة من المساطر العادية المصنوعة من الخشب أو المعدن أو الباغة celluloid ، وذلك لضرورة استخدامها في قياس المسافات . كذلك المنقلة protractor التي تستخدم في قياس أوتوقيع الزوايا ، وقد توجد في شكل دائرة كاملة أو نصف دائرة .

وهناك الكثير من أنواع أجهزة الرسم الأخرى التي تعتبر أدوات أساسية في حجرات الرسم ، ولكن نادراً ما يتمكن الطلاب من استخدامها الاستخدام الصحيح . فمثلا ، هناك جهاز من أكثر هذه الأجهزة فائدة للكرتوجرافي ويسمى جهاز الرسم Drafting machine . وهذا الجهاز يتكون من ذراع معدني يثبت طرفه في منضدة الرسم ، وينتهي طرفه الآخر أو رأسه بمسطرة خشبية على شكل زاوية قائمة . ويتحرك الذراع بحرية في أي اتجاه ولكنه يحافظ على وضع متوازي أينما كانت حركته . ويمكن ادارة الرأس وتثبيتها عند قيم معينة بالدرجات . ويفيد هذا الجهاز في رسم الخطوط المتوازية في أي درجة مطلوبة ، ثم رسم خطوط عمودية عليها (شكل ١٠) .



(شكل ١٠) جهاز الرسم ــ جهاز « باراجون » .

وهناك أيضا مسطرة الخطوط المتوازية Parallel ruler ، التي تستخدم أساساً في رسم الخطوط المتوازية وكذلك في تظليل المساحات بنمط يتكون من خطوط متوازية متقاربة جدا . ومن أنواع هذه المساطر طراز حديث (شكل ١١) يسمى جهاز التسطير الآلي Automatic line spacer ، ويتكون أساسا



(شكل ١١) جهاز التسطير الآلي .

من مسطرة شفافة تتحرك آليا كلما ضغطنا على « زر » بالجهاز ، بحيث تحافظ المسطرة على مسافة ثابتة وبالتالي يمكن رسم مجموعة متوازية من الخطوط على أبعاد متساوية . ويمكن ضبط هذا الجهاز حسب بُعد المسافة التي نريدها بين الخطوط ، وتتراوح بين ملليمتر وستة ملليمترات . كما يمكن تركيب جزء إضافي في هذاالجهاز لرسم أشكال أخرى من الخطوط المتوازية مثل خطوط المنحنيات وأشكال الرموز الصغيرة .

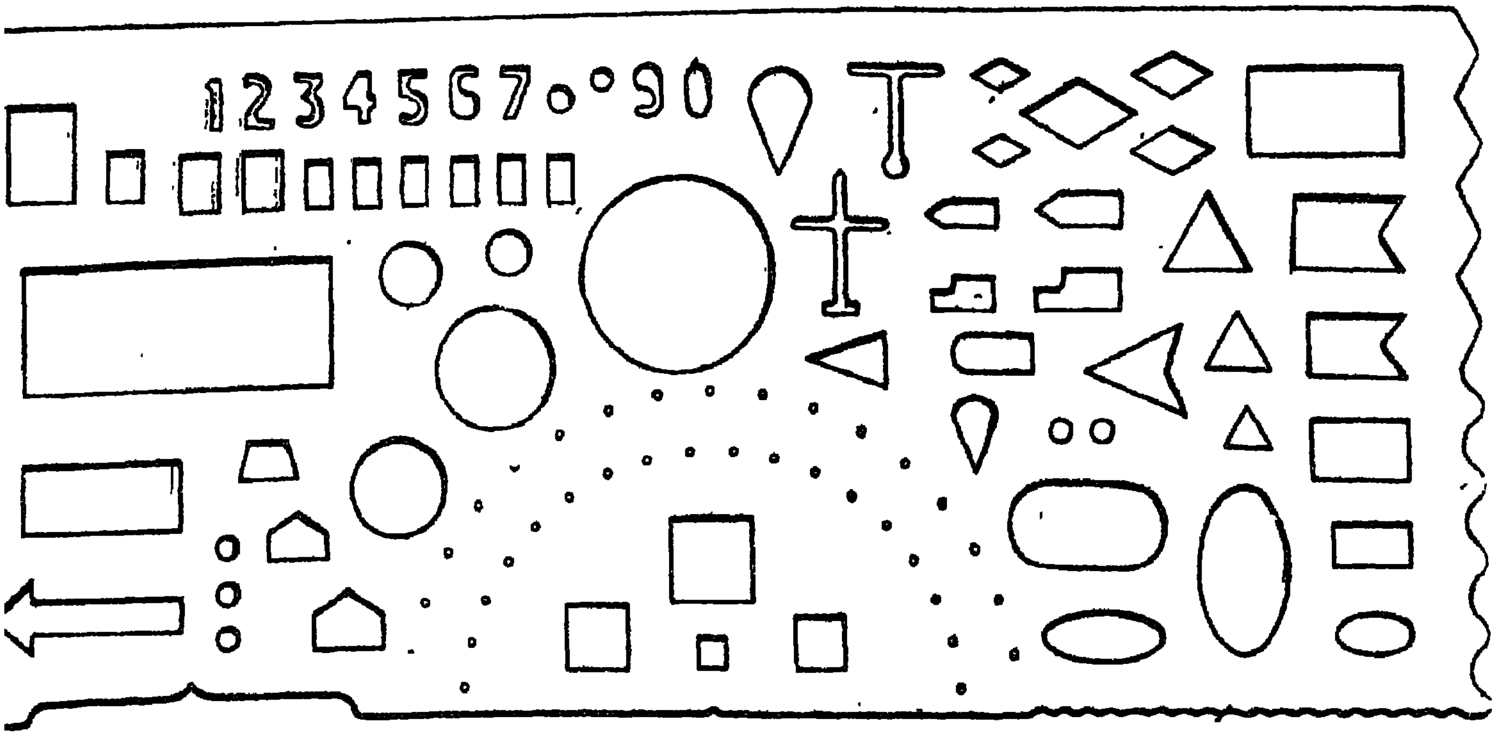
ومن الأدوات الأساسية أيضا مسطرة الرموز المثقوبة والمصنوعة من الباغة أو البلاستيك الشفاف ، وهي مفيدة جدا للكرتوجرافي الذي يحتاج إلى رسم أشكال مختلفة من الرموز . ففي هذه المسطرة نجد أشكالا عديدة من الرموز الهندسية المثقوبة مثل الدوائر المتدرجة والمربعات والمثلثات والأشكال البيضاوية والأعداد الحسابية وغيرها . وكل ما هو مطلوب أن نضع القلم داخل فراغ الرمز المطلوب ونبدأ في رسمه حول حدوده الداخلية . وتفيد هذه المسطرة أيضا حينما نريد تكرار رسم رمز صغير معين على الخريطة ليدل مثلا على مواضع مناجم خام معدني معين ، مثل المربع الذي يرمز إلى مناجم الحديد في منطقة معينة (شكل ١٢) .

ويمكن أن نضيف إلى هذه المجموعة ايضا عدة أجهزة أخرى تستخدم في قياس المساحات (البلانيمتر) وفي تصغير الخرائط وتكبيرها (البانتوجراف) ، وسوف نشير إلى هذه الأجهزة فيما بعد .

ثانيا : وسائل وأدوات الرسم

يمكن الحصول على أدوات الرسم سواء منفردة أو في مجموعات متكاملة — أي أطقم . وقد يحسن أن يكون لدينا طاقم الرسم بعلبته الخاصة لأنها تهيء مكانا مناسباً لحفظ الأدوات في مكانها الخاص ، ومن ثم تساعد على صيانة هذه الأدوات ، ومع ذلك فليس امتلاك طاقم كامل من الأمور الضرورية .

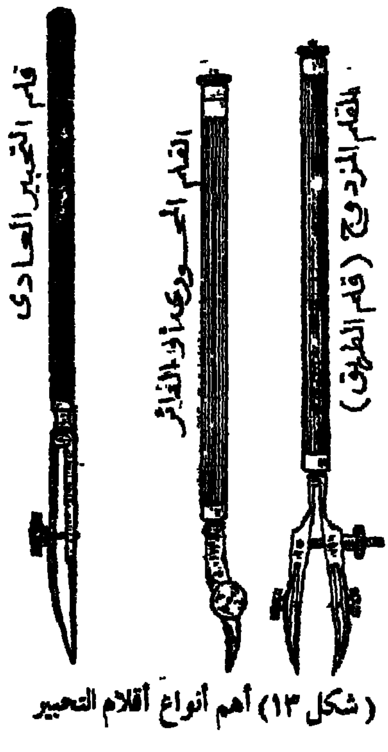
وتنقسم الأدوات التي يحتاجها الكرتوجرافي إلى ثلاث فئات هي : أقلام



(شكل ١٢) إحدى مساطر الرموز ، وهي عبارة عن مسطرة من البلاستيك ذات أشكال من الرموز المفرغة

التحبير Ruling-pens ، وأنواع من الفرجار (البرجل) Compasses ، ثم أنواع من المقسّم Dividers

(١) أقلام التحبير : ربما كان قلم التحبر (شكل ١٣) أكثر أدوات الرسم استخداماً ، ومن المهم أن يكون لدى الكرتوجرافي قلم تحبير جيد وأن يحفظه نظيفاً بوجه خاص وفي كيفية جيدة . ويمكن التحكم في المسافة بين نصلي أو ريشتي قلم التحبير عن طريق المسمار الجانبي الصغير ، ومن ثم يمكن أن نرسم خطوطاً مختلفة السُمك بنفس القلم . ويملأ القلم بوضع الحبر بواسطة « قطارة » أو ريشة بين النصلين . ويجب أن يتكرر تنظيف القلم بقطعة قماش أثناء عملية الرسم ، لأن الحبر إذا بقي في القلم وقتاً أكثر من اللازم فسوف يجف قليلا وبالتالي لا تنساب نفس كمية الحبر بين النصلين ، الأمر

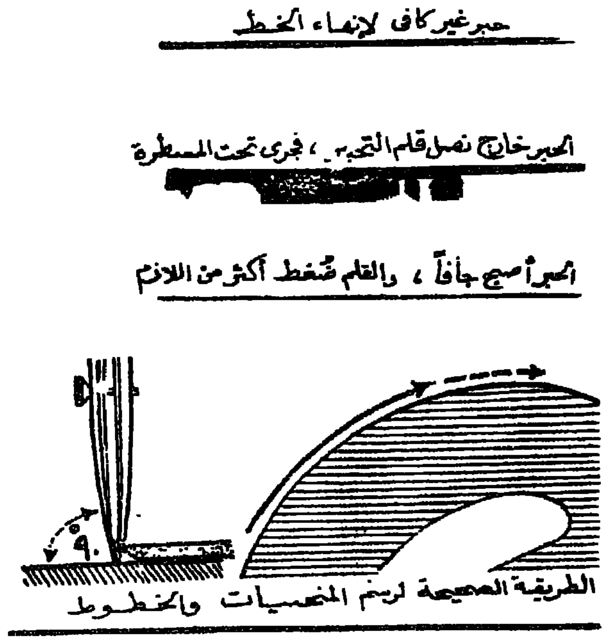


(شكل ١٣) أهم أنواع أقلام التحبير

الذي لا يمكن معه أن نحصل على خطوط متناسقة أو منتظمة السمك .

ويمكن أن يتم تنظيف الجوانب الداخلية لنصلي قلم التحبير بشكل سهل إذا غطيت ظفر إبهام اليد بقطعة قماش ثم أدخلت الظفر بين الجزء الأعلى من النصلين وتهبط به إلى أسفل . ولن يعمل الحبر المسحوب على اتساخ الظفر ، ولكنه يذكرنا — على أية حال — بألا نفرط في ملء القلم بالحبر . وإذا رأينا أن هناك حبراً زائداً في القلم قبل بداية الرسم فيمكن سحب جزء منه عن طريق وضع قطعة ورق نشاف (أو قطعة قماش) لكي تتشربه . ويوضح (شكل ١٤) الأوضاع الخاطئة والصحيحة عند الرسم بقلم التحبير .

وهناك قلم تحبير يدور نصليه على محور متحرك ، ويسمى القلم الدائر Swivel-pen ، وهو مفيد بنوع خاص في رسم الخطوط السلسة الإنحناء مثل



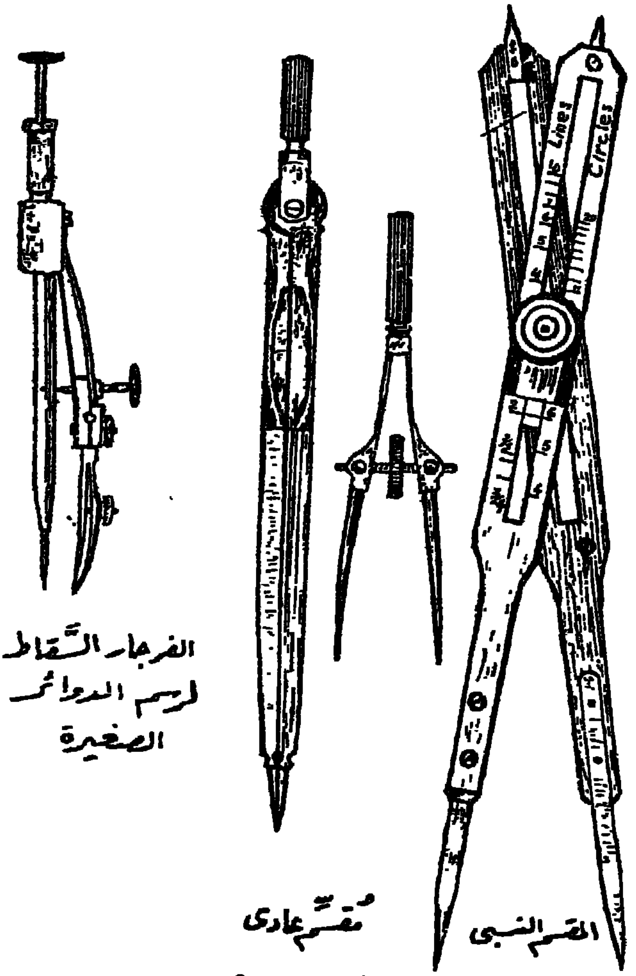
(شكل ١٤) بعض الأخطاء الشائعة في إستخدام قلم التحبير ، ثم الطرق الصحيحة في رسم الخطوط .

خطوط الكنتور . ومنه نوع مزدوج الرأس ويسمى في هذه الحالة قلم التحبير المزدوج Double-ruling pen ، أو قلم الطريق Road pen ، لأنه يستخدم في رسم الطرق المزدوجة الخطين . وهو أداة مفيدة جداً ولكنها تحتاج إلى مهارة معينة ؛ فلكي نرسم به خطوطاً منتظمة الشكل يجب أن يكون هناك ضغط متساوٍ على النصلين ، كما يجب أن نمسك بالقلم في وضع عمودي على سطح ورقة الرسم . فهذه الأقلام المحورية — المنفردة أو المزدوجة — تستخدم بنفس الطريقة التي نستخدمها عند الرسم بقلم التحبير العادي ، فيما عدا أنها تستخدم عادة باليد الحرة الحركة — أي دون استعمال المسطرة التي توجه القلم العادي .

(٢) **المقسّمات** : يستخدم المقسم — كما يدل اسمه — في تقسيم الخطوط إلى أجزاء متساوية ، وكذلك في نقل الأبعاد من المسطرة إلى ورقة الرسم . ويتكون المقسم من ساقين ينتهي طرف كل منهما بإبرة حادة ، بحيث يمكن فتح الساقين وضبطهما على المسافة المطلوبة . وهناك نوع آخر من المقسمات يسمى المقسم النسبي Proportional d. (شكل ١٥) وله مجموعتان من الأطراف الإبرية — مجموعة في أسفله وأخرى في أعلاه . ويمكن ضبط موضع المحور المتحرك بينهما ، بحيث أنه مهما كانت مسافة الفتحة بين أحد الطرفين ، فسوف تظل المسافة بين الطرفين الآخرين بنسبة ثابتة مع المسافة الأولى . والمقسم النسبي مفيد بصفة خاصة في حالة تكبير أو تصغير الأشكال غير المنتظمة .

(٣) **الفرجارات** : يستخدم الفرجار بالطبع في رسم الدوائر والأقواس . وهناك عدة أنواع من الفرجارات لرسم الأحجام المختلفة من الدوائر ، ولكن عادة ما يوجد في علبة طاقم أدوات الرسم فرجاران أساسيان ، أحدهما كبير والآخر صغير . ومعظم هذه الفرجارات مصنوعة بحيث يمكن تبديل مكان القلم الرصاص بقلم تحبير . كما يوجد في طاقم أدوات الرسم ذراع اضافي يمكن تركيبه في تجويف الفرجار الكبير حتى يمكن رسم دوائر أكبر .

أما فرجار الدوائر الصغيرة فيسمى **الفرجار السقاط** Drop compass ،



(شكل ١٥) بعض أنواع المقسم والفرجار .

لأن ذراع ريشة التحبير في هذا الفرجار يتحرك ويدور بحرية حول محور الذراع الآخر المنتهي بالإبرة . وعندما نريد الرسم به نرفع ذراع الريشة إلى أعلى جزء في ذراع المحور ، ثم نوقع الإبرة على مركز الدائرة المراد رسمها ، ثم نترك ذراع الريشة يسقط مع برمه بسرعة ، فترسم الدائرة الصغيرة . ويمكن أن يتم كل هذا بيد واحدة .

ثالثا : الأقلام والريش

تصنع أقلام الرصاص من مسحوق الجرافيت المخلوط بالطين النقي ومواد أخرى للتماسك ، ثم تغلف بخشب الأرز كما هو مألوف . والجرافيت لين ، وكلما زاد مقدار الطين المخلوط بالجرافيت كلما كان القلم الرصاص أكثر صلابة . ومن ثم تتفاوت الأقلام في درجة صلابتها ، إذ تبدأ أصلب الأنواع من 9H ، ثم النوع المتوسط HB ، وأخيرا ألين الأنواع 6B .

ونادراً ما تستخدم الأنواع اللينة في عمل الخرائط ، لأن الرصاص اللين لن يحافظ على بقاء السن الرفيع ، كما قد يسهل تلوث الرسم من زيت الخليط . لذلك كانت أنسب الأقلام في معظم الرسوم الكرتوجرافية هي 4H أو 5H من النوع الصلب . ولكن إذا استخدمنا أقلاماً أصلب درجة من تلك ، فسوف يتطلب الأمر ضغطاً كبيراً على الورق لكي يكون الخط مرئياً ، بالإضافة إلى أن هذا الضغط سوف يسبب حزاً أو ثلماً في الورق . فإذا أردنا مسح الخط الرصاص فسوف يظل الحز مكانه واضحاً .

وهناك أيضا تنوع كبير من الأقلام الملونة ، وهي مفيدة جداً حين تخطط مسودة الخريطة worksheet . فاستخدام الألوان المختلفة لتمييز الفئات المختلفة من البيانات يساعد على منع الأخطاء في الرسم النهائي . وإذا استخدمنا أقلام الرصاص الملونة في تلوين بعض المساحات على الخريطة ، فيحسن أن يكون التلوين خفيفا ، ثم ندلكه بقطعة ورق نشاف ، وذلك لكي ينتج لدينا لونا خفيفا متساويا فوق كل المساحة الملونة . وهناك أيضا نوع من هذه الأقلام الملونة يمكن أن نطلي ألوانه الخفيفة بالبنزين أو أي مذيب آخر ، لنجد في النهاية لوناً خفيفا متساوياً . وفي حالة إعداد خريطة للطباعة ، فيحسن أن نستخدم الأقلام الملونة الزرقاء لوضع أي علامات خاصة ، ذلك لأن اللون الأزرق لا يظهر في التصوير ، ومن ثم لن تظهر هذه العلامات المؤقتة في الخريطة المطبوعة .

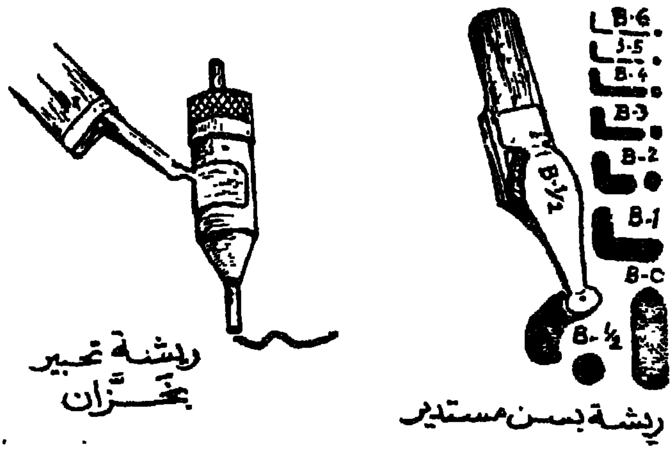
وينبغي حفظ الأقلام بسن رفيع إذا أردنا استخدامها في رسم خطوط دقيقة ، وهذا أمر سهل إذا دلكنا السن بقطعة من ورق السنفرة الخفيفة .

وكما أن هناك أنواعاً عديدة من الأقلام ، هناك أيضا أنواع كثيرة من الريش pens التي تزود بالحبر من أجل الرسم . وأيا كان نوع الريشة ، فمن المهم جداً أن تحفظ نظيفة .

ومن أكثر أنواع الريش استخداماً في الرسم الكرتوجرافي هي الريشة ذات الطرف المسلوب (الرفيع) Quill-type ، وهي مصنوعة من نوع جيد من المعدن . وهناك تنوع عظيم منها ؛ فبعضها صلب جامد ويرسم خطوطاً متناسقة السمك ، وبعضها الآخر مرن جدا وبستخدم في رسم الخطوط التي تتطلب سُمكاً متغيراً ـ مثل خطوط الأنهار في الخرائط صغيرة المقياس . وعند الرسم ، يمكن غمس هذه الريش في زجاجة الحبر ، ولكن الأصوب هو أن نضع نقطة حبر بقطارة الحبر في الجانب الداخلي للريشة ؛ لأن ذلك سوف يساعد على انتاج خطوط أدق وأجمل ، بالإضافة إلى أنه يسمح بتكرار تنظيف الريشة دون تبذير الحبر الزائد .

ويتم وصول الحبر إلى سن الريشة خلال شق طولي في وسط السن ، فإذا استمر الرسم بالسن دون تنظيفه فسوف تسد ذرات الكربون الدقيقة ذلك الشق ، وبالتالي يتعرقل انسياب الحبر ولا يلامس بسهولة سطح الورقة . ولهذا السبب يجب أن تظل الريشة نظيفة جدا ، وذلك بأن نغمس الريشة في كوب ماء كل بضعة دقائق ، ثم نمسحها بقطعة قماش .

وهناك نوع ثانٍ من الريش عريضة السن Stub-pen ، وهي لا تختلف عن النوع السابق إلا من حيث شكل السن ، فهو هنا ينتهي بقطع عريض بدلاً من يكون مستدق الطرف . وهذه الريش مفيدة في كتابة الخريطة بخط اليد ، لأنها تصنع خطوطا مختلفة السمك حسب تحريك الريشة عموديا أو أفقيا على سطح ورقة الرسم .



(شكل ١٦) بعض أنواع ريش التحبير .

وثمة نوع ثالث من الريش ، وهو ما يعرف باسم « ريشة التشهيل » Speedball-pen . وهذه عبارة عن سن ريشة عادية ، ولكن طرف السن ينتهي بزائدة دائرية (شكل ١٦) أو مربعة الشكل مصنوعة بزاوية معينة . بحيث إذا أمسكنا الريشة في الوضع المعتاد فسوف تنطبق الزائدة تماما على سطح الورق . وهناك درجات مختلفة لكل نوع من أشكال زائدة هذه الريش وذلك لرسم خطوط مختلفة السمك . وفي الريشة نفسها خزان صغير للحبر يملأ بالقطارة .

ريش الخزان : هناك أيضا نوع خاص من الريش ، يتركب أساساً من اسطوانة صغيرة تشمل خزان الحبر وتنتهي بسن دائري مجوف ، وهو على درجات مختلفة السمك بحيث ترسم كل درجة خطاً متناسقاً بسمك معين . ومن أهم الأسماء التجارية لهذه الأنواع من الريش ذات الخزان : استاندرد جراف Standardgraph (شكل ١٦) ، يونو Uno pen ؛ ليروى Leroy .

ويتصل بهذا النوع من ريش الخزان ، تلك الأقلام المصنوعة على شكل أقلام الحبر العادية . وبذلك تحتوي على خزان كبير للحبر الأمر الذي لا

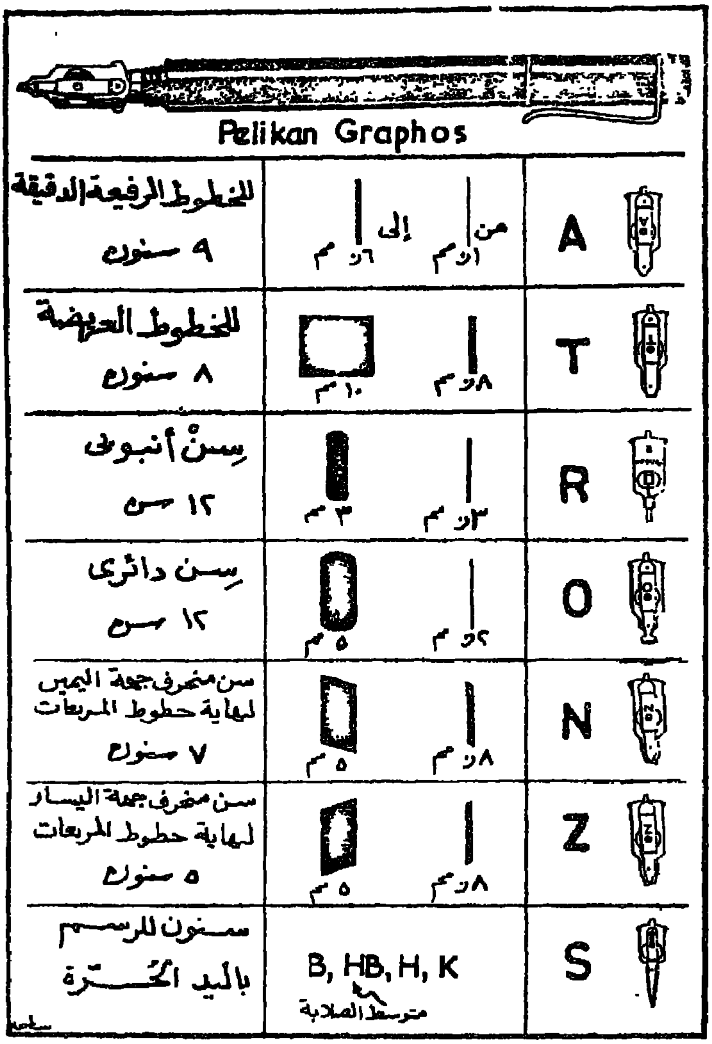
يستلزم إعادة ملء الريشة بالحبر على فترات قصيرة . وهناك عدة أنواع من هذه الأقلام ذات الخزان ، ومن أشهر أسمائها التجارية : الرابيدوجراف Rapidograph ؛ استاندردجراف ؛ ثم قلم الجرافوس Graphos .ولكل نوع من هذه الأقلام طاقم من السنون المختلفة الحجم والتي ترسم خطوطا مختلفة السمك ، ويمكن استبدال أي سن منها بآخر يتم تركيبه في يد القلم حسب الحاجة أثناء عملية الرسم والتحبير .

ويتميز قلم الجرافوس بالذات بأن له سبعة مجموعات (شكل ١٧) ، وتختلف كل مجموعة عن الأخرى في شكل السن . فمثلا المجموعة الأولى يرمز لها بسن حرف A لرسم الخطوط الرفيعة الدقيقة (تشمل هذه المجموعة تسعة سنون حرف A يتدرج سمك خطوطها من ٠,١ مم إلى ٠,٦ مم) . وهناك أيضا مجموعة سن حرف T لرسم خطوط أكبر سمكا (من ٠,٨ مم إلى ١٠ مم) ؛ ثم مجموعة سن حرف R الذي ينتهي بطرف مجوف ويستخدم للرسم باليد الحرة ، وهكذا .

رابعا : أوراق الرسم :

هناك تنوع عظيم من السطوح المستخدمة في عمل الخرائط وتتدرج من الورق العادي إلى أوراق القماش ثم البلاستيك . ولذا قد يصعب على المبتدىء اختيار أصلح الأنواع التي تناسب خريطته وما يهدف من وراء رسمها . ويتطلب أي رسم احتياجات معينة من الورقة المعدة له . وفيما يلي أهم خصائص الأوراق والسطوح المختلفة المستخدمة في الرسم الكرتوجرافي :

(١) الثبات البعدي : وهذا يشير إلى قدرة المادة المكونة للورق على تحمل تغيرات الحرارة والرطوبة دون أن تتقلص أو تتمدد . وهذا أمر مهم في رسم الخرائط التفصيلية من أجل المحافظة على مقاييس الرسم وثبات أبعادها ، ومهم أيضا عندما نرسم سلسلة من الخرائط المتطابقة — وبخاصة عندما يتطلب الأمر طبع خريطة بها أكثر من لون واحد (ففي هذه الحالة ترسم خريطة لكل لون بحيث تتطابق فوق بعضها في النهاية) .



(شكل ١٧) أنواع سن ريش التحبير الخاصة بقلم « بيليكان جرافوس » .

(٢) إلتصاق الحبر : وهذا يشير إلى قدرة السطح على « الإمساك » بالحبر . فبعض السطوح مسامية نوعاً ، لدرجة أن الحبر يتعمق قليلا ويلتصق بألياف الورقة عندما يجف . وهناك أوراق اخرى مندمجة جداً بحيث يجف الحبر ببساطة على سطحها ، وبالتالي يصبح من السهل أن يتشقق الحبر ويمسح .

(٣) الشفافية : وهذا يشير إلى السهولة التي يمكن بها أن نرى خلال مادة الورق . وهذا أمر من الأهمية بمكان في الرسم الكرتوجرافي ، ليس فقط لأن قدراً عظيماً من « الشف » يتم عادة ، ولكن لأن كثيرا من الرسم المعد للطباعة يتم أيضا على لوحات منفصلة يحسن أن تكون شفافة لضمان تطابقها .

(٤) نوعية السطح : وهذا يشير إلى نعومة أو خشونة السطح . ونوعية السطح ذات أثر واضح في استقامة الخط ودقته .

(٥) قابلية السطح للمسح والكشط : تتطلب بعض أنواع الرسم الكرتوجرافي الكثير من محو خطوط القلم الرصاص ، مثلا في حالة رسم الظاهرات الأرضية وأشكال السطح ، وذلك قبل أن يتم تحبير هذه الرسوم على نفس لوحة الورق . ولهذا يحسن أن يكون هذا الورق من النوع الجامد الكثير الإحتمال .

(٦) رد الفعل للبلل : قد يستدعي الأمر تلوين الخريطة بالألوان المائية والأحبار . ومن ثم فمادة الأوراق التي تتجعد وتتكرمش بكثرة عندما تبلل بالألوان لا تصلح لرسم مثل هذه الخريطة .

هذه هي أهم الخصائص التي تتطلبها عمليات الرسم من الورق . وينبغي على الكرتوجرافي أن يعرف مدى استجابة الوسيلة التي سيرسم عليها ما يريد تحقيقه .

وتتمثل الوسائل الكرتوجرافية التقليدية في : ورق الشف أو الكالك Calque ؛ وورق الشف القماشي tracing cloth ؛ ثم ورق الرسم المألوف . وفي السنوات الحديثة أصبحت أوراق البلاستيك plastics والنسيج الزجاجي glass cloth منتشرة الاستخدام في الرسم الكرتوجرافي .

وتصنع أوراق الشف ــ الكالك ــ من القش وسوق نبات الذرة ، وتستخدم الوسائل الكيمائية لجعلها شفافة . وهذا النوع من الورق مفيد جداً

في رسم الخرائط وفي نسخها (أي شفّها)، وكذلك في عمل الرسوم التخطيطية (الكروكية) sketching. وتختلف أوراق الشف من حيث السمك والمتانة؛ فالأوراق الرفيعة السمك (٥٠ جرام مثلا) ضعيفة نسبيا ولذا لا نوصي باستعمالها في معظم رسوم الخرائط. أما الأنواع المتوسطة السمك فتتراوح حول ٩٠ جرام (١٥٠ جرام عبارة عن ورق سميك ويابس).

ويباع ورق الكلك بالمتر أو في علب اسطوانية تشمل الواحدة منها عدداً كبيراً من الأمتار (٢٠ متر مثلا)، يصل عرضها إما إلى ٧٥ سم أو ١١٠ سم. وتباع هذه الأوراق تحت أسماء تجارية متعددة، مثل ورق الكانسون Canson الجيد، وورق جيتواي Gateway.

أما أوراق الشف القماشية، فسطحها مصقول بالغراء، وهي أكثر احتمالاً من الكلك وتستخدم في الرسم الذي يكثر تناوله بصفة خاصة. وليست عملية الرسم أمراً سهلاً على هذه الأوراق القماشية، إذ كثيراً ما يعرقل الغراء سير القلم على سطح الورق. وعموما، نلاحظ أن كل أوراق الشف يمكن أن تتجعد إذا تعرضت للبلل الكثير.

أما أوراق الرسم العادية، فتتنوع من حيث الخصائص والسمك والسطوح، وهي غير شفافة نسبياً، ولكنها تمثل سطحاً ممتازاً للرسم ولا تتأثر الأنواع الجيدة منها بالبلل. ومن أشهر أنواع ورق الرسم والذي يباع عادة في لوحات مختلفة الحجم: ورق برستول Bristol وستراثمور Strathmore.

وقد ظهرت حديثاً أنواع كثيرة من سطوح الرسم المصنوعة من البلاستيك [1]، وتتدرج سطوح لوحات البلاستيك من السطح الناعم إلى السطح غير اللامع matte، وتوجد في درجات مختلفة من الشفافية والسمك.

---

(١) خاصة من بلاستيك البوليفنيل polyvinyl الذي يعرف تجاريا باسم « Vinylite »؛ وبلاستيك البوليستر polyester الذي يعرف تجاريا باسم « Mylar ». وهذه هي بعض الأنواع الأمريكية. وهناك أنواع تحت أسماء تجارية أخرى مثل Melinex, Permatrace.

وهناك مميزات كثيرة للوحات البلاستيك ، منها صلاحيتها لرسم الخرائط الكثيرة الألوان ، وهي أكثر احتمالاً من الورق ، ولا تمتص الرطوبة من الجو ، كما أنها ثابتة الأبعاد إلى حد كبير . ومع ذلك ، فبعض أنواع البلاستيك لها عيوب أيضا ، إذ نجد بعضها صلب للغاية وبحيث يجعل أدوات الرسم تبلى بسرعة ، كذلك لا تلتصق بها أحبار الرسم العادية إلتصاقاً جيداً ، وبالتالي فقد يؤدي المسح غير الحذر إلى تشويه واتلاف الرسم المحبّر .

ويجب أن نضيف إلى كل هذه الأنواع مجموعة أخرى من الأوراق الخاصة ، التي يستعان بها في الرسوم الكرتوجرافية ؛ ومنها ورق القطاعات الطولية profile papers (الذي يستخدم مثلا في رسم قطـــاع مستطيل يمثل انحدار النهر من منبعه إلى مصبه) ؛ وورق القطاعات العرضية أو المستعرضة cross-section ؛ وورق شبكات المربعات (سواء بالسنتيمتر أو البوصة) الذي يستخدم في الرسوم البيانية وفي قياس المساحات بالخرائط . وتطبع هذه الأوراق الخاصة إما على سطوح شفافة أو غير شفافة ، ويمكن أن نحصل عليها باللون الأزرق الذي لا يظهر في الطبع بعد رسم الأشكال البيانية المطلوبة .

خامسا : أحبار الرسم :

يسمى الحبر الأسود المستعمل في أغراض الرسم بالحبر الهندي Indian ink ، وله عدة أصناف في الأسواق . وقد سماه الأوربيون بهذا الإسم لأنه كان قديماً يباع في شكل أقراص جاءت إليهم من الهند أصلاً ، وكانوا يخففونه بالماء .

أما في الوقت الحاضر فيباع هذا الحبر مذاباً وجاهزاً . وهو يتكون من ذرات الكربون الدقيقة جداً والمذابة في سائل يتألف من عناصر مختلفة . ولهذا السائل نفس الكثافة النوعية للكربون ، ولهذا لا يستقر الكربون وإنما يظل معلقاً في السائل دوماً . والحبر الهندي كثيف السواد ، ومن ثم له خصائص ممتازة في التصوير الفوتوغرافي لغرض الطباعة . وهو يجف بسرعة — ربما أسرع

مما ينبغي بالنسبة للرسم الدقيق في الخرائط . ومعظم أصناف الحبر الهندي لا تتأثر بالماء waterproof ، أي أن الحبر لا يذوب أو « يسيح » إذا إبتل بالماء بعد أن يكون قد جف . وهناك أيضا عدة أصناف من الأحبار الملونة التي لا تتأثر بالماء ، وهي شفافة وتستخدم في رسم الخرائط الملونة .

كذلك هناك أحبار خاصة — سوداء وملونة — بالرسم على لوحات البلاستيك . وهي مركبة بحيث تصبح جزءاً من سطح لوحة البلاستيك ، وبالتالي يصعب إزالتها إذا أردنا تصحيح بعض أخطاء الرسم . كما أنها أكثف قواماً من الحبر الهندي العادي ، ومن ثم لا يمكن استخدامها في بعض الأنواع من أقلام الريش .

ومن الجدير بالذكر أن أوراق الشف العادية (الكلك) والقماشية وكذلك المصنوعة من البلاستيك الشفاف تلتقط عادة الزيت من الأيدي ؛ بل هي أوراق زيتية أو زلقة ملساء بسبب طريقة صناعتها . وقد لا يلتصق حبر الرسم إذا كان السطح زيتيا ، وقد « يتنقل » ويتقطع لهذا السبب ، الأمر الذي ينتج لنا خريطة ركيكة الرسم والمظهر . ولهذا ، كان من الضروري أن نزيل مثل هذه الأغشية الزيتية قبل أن نبدأ عملية التحبير . ويمكن أن يتم هذا بسهولة بالنسبة لورق الكلك إذا مسحنا السطح بمسحوق مجهز تجاريا لهذا الغرض بالذات . أما بالنسبة للوحات البلاستيك الشفافة فيمكن تنظيفها باستعمال محلول النشادر ammonia بدرجة تركيز ٢٨ ٪ (تذاب أوقية في لتر من الماء) — أو حتى بالصابون العادي والماء .

وفي حالة وجود خطوط زائدة أو أخطاء نريد إزالتها بعد التحبير ، فيمكن أن يتم هذا بالكشط بواسطة شفرة الحلاقة بالنسبة لورق الكلك ، أو باستخدام طلاء أبيض غير شفاف بالنسبة لأوراق الرسم الأخرى .

سادسا : تظليل المساحات على الخرائط :

التظليل جزء أساسي في رسم كثير من الخرائط ، وذلك للتمييز بين

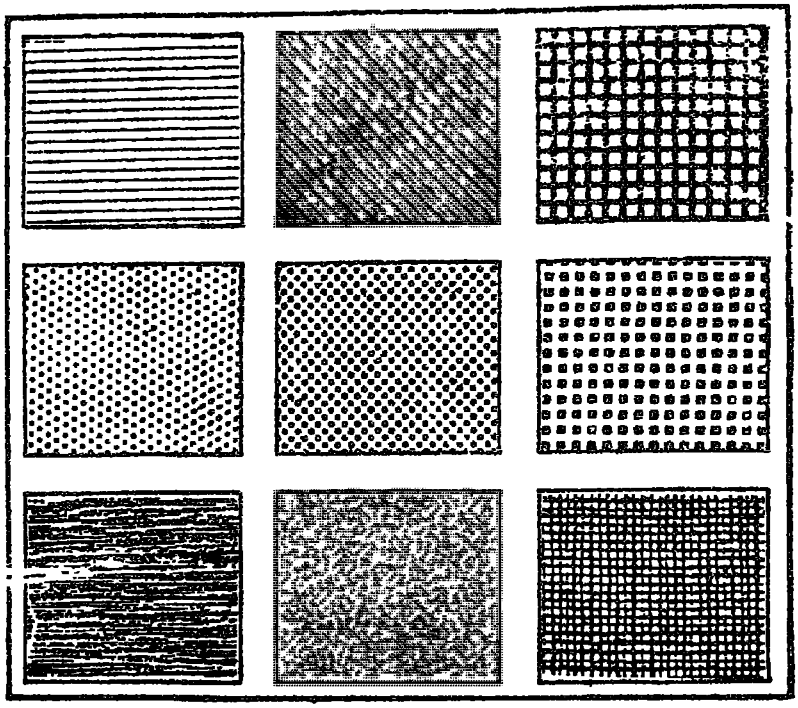
منطقة وأخرى . ويمكن إنجاز التظليلات المختلفة سواء برسمها يدوياً كما في حالة ملء المساحات بالخطوط المتوازية أو بالتنقيط ، أو باستخدام لوحات التظليل المطبوعة تجارياً لهذا الغرض .

وكثيرا ما يقوم الكرتوجرافي بجهد كبير في عملية تغطية المساحات على الخريطة بأنماط التظليل الخطي والنقطي ، وذلك برسمها بنفسه . ويمكنه أن يستعين بجهاز التسطير الآلي في رسم الخطوط المتوازية المتقاربة ، أو بورقة شبكة المربعات حين يضعها تحت الخريطة الشفافة (أو يستخدم منضدة الشف المضاءة إذا كان ورق الخريطة غير شفاف) .

وفي حالة الرغبة في تصغير الخريطة بعد رسمها لغرض الطبع ، يجب أن يراعى الكرتوجرافي ألا تكون النقط صغيرة جداً (لأنها قد تختفي بعد تصغير الخريطة بالتصوير الفوتوغرافي) أو متلاصقة جداً لأنه قد ينشأ بعد التصغير ما يشبه البقع أو « الشاغطة » على الخريطة ، خاصة إذا كان نوع الورق غير جيد .

وهناك على العموم أنواع كثيرة من اللوحات المطبوع عليها أنماط التظليل المختلفة من خطوط ونقط ورموز أخرى كثيرة ، وهي كلها مطبوعة بطريقة آلية (شكل ١٨) . وهذه اللوحات عبارة عن ورق شفاف من نوع السيلوفان الرقيق جداً وظهرها مزود بمادة شمعية لاصقة تحميه ورقة أخرى من أسفل . ومن أهم أنواع هذه اللوحات المطبوعة النوع المعروف باسم « ورق الزباتون » Zip-A-Tone الذي توجد منه لوحات تتضمن نحو ١٨٠ تظليلاً مختلفا ، كما أن هناك لوحات زباتون عليها ٩٩ رمزاً بيانيا خاصاً — مثل الرموز الخاصة بالتوزيعات الجيولوجية والنباتية وغيرها .

وعادة ما تكون رموز وتظليلات أوراق الزباتون باللون الأسود ، ولكن هناك أيضا لوحات الزباتون الملونة والتي تشمل ٢٧ لونا مختلفا منها الأزرق الفاتح والأزرق المتوسط والداكن والأخضر بدرجاته الثلاث والأصفر



(شكل ١٨) بعض أنماط أوراق التظليل الآلي .

والرمادي والأحمر والبرتقالي وغيرها من الألوان . وفيما عدا اللون الأحمر ، نجد هذه الألوان قليلة الاستخدام في الكرتوجرافيا .

وتوجد لوحات الزباتون في حجم ورقة الفولسكاب العادية (٢٠ × ٣٠ سم) ، كما توجد لوحات جديدة أكبر حجماً من ذلك (٤٢ × ٥٦ سم) .

وحينما يريد الكرتوجرافي استخدام نمط معين من ورق الزباتون في تغطية مساحة معينة على خريطته ، فيبدأ أولا بنزع جزء من ورقة السيلوفان المطبوعة من غلافها الواقي ثم يضعها بعناية على المساحة المطلوبة ، ثم يدلك ورقة الزباتون بقطعة ورق مقوى بحيث يبدأ من أسفل ويكون التدليك من اليسار إلى اليمين ، ثم ينتقل تدريجيا إلى أعلى حالما تلصق ورقة الزباتون بالخريطة . يقطع بعد ذلك

الأجزاء التي لا يريدها من ورقة الزباتون بإبرة القطع الخاصة لهذا الغرض أو بأي إبرة حادة كما لو كان يستخدم ريشة التحبير . وبعد ذلك يعود مرة أخرى إلى تدليك الورقة والضغط عليها لأن ذلك سيضمن إلتصاقها تماما بالخريطة . ويجب أن يكون منتبها تماماً أثناء هذه العملية خشية أن تلتصق الأجزاء الزائدة من الزباتون بخطوط الخريطة المحبرة فتنتزع الحبر منها وتتلفها .

وفي حالة الخرائط التي تعد للتصوير لغرض طباعتها ، يمكن أن تستخدم ورق الزباتون الأحمر شبه الشفاف في تغطية المساحات التي كان ينبغي أن تغطى بالزباتون الأسود المصمت ، وذلك لأنه قد يستحيل أن نرى خلال اللون الأسود أثناء عملية ضبطه على المساحة المعنية ، بينما يمكن ذلك في اللون الأحمر المصمت ، وهو في النهاية يظهر أسوداً في التصوير تماما كاللون الأسود .

وينبغي على الكرتوجرافي أن يكون على دراية بعلاقة التظليلات ومدى ملاءمتها حين تصغر الخريطة بالتصوير الفوتوغرافي ، وكذلك كيف يعد سلسلة من التظليلات المتدرجة لكي توضح التدرج أو الاختلاف في درجة الكثافة لتوزيع ظاهرة معينة ، فهذه كلها أمور تتطلب قدراً عظيماً من المران والتجربة .

مراجع الفصل الثالث

١ – Hunter-Penrose-Littlejohn Ltd., Graphic Arts Technicians' Handbook (numerous reprints), London.

٢ – Monkhouse, F.J. and Wilkinson, H.R. (1971), Maps and Diagrams, 3rd ed., Methuen : London (pp. 1-12).

٣ – Raisz, E. (1948), General Cartography, 2nd ed., New York (Ch. 15).

٤ – Robinson, A.H. (1960), Elements of Cartography, New York (Ch. 3).

الفصل الرابع

أساسيات الخريطة

يجب أن تتضمن الخريطة الكاملة عدداً من الأسس الهامة ، التي لا يمكن أن نقرأ الخريطة قراءة صحيحة دون هديها . وهذه الأسس هي : عنوان الخريطة title ، ومفتاح أو دليل الخريطة legend ، ومقياس الرسم scale ، ودليل الموقع location (أي شبكة خطوط العرض والطول) ، ثم الإتجاه direction .

وسنحاول في هذا الفصل أن نتناول هذه الأسس بشكل عام ، مع إرجاء دراسة مقاييس الرسم إلى الفصل التالي ، ذلك لدلالتها الخطيرة في الكرتوجرافيا. ومن الثابت أن القارىء لا يمكن أن يقرأ خريطته بشكل صحيح إذا لم يدرك تماما معنى مقياس الرسم .

عنوان الخريطة

تبدأ قراءة الخريطة بملاحظة إسمها أو عنوانها ، فالعنوان يخبر القارىء بموضوع أو محتوى الخريطة ، مثلا : الوحدات السياسية فيأوربا ، أو المتوسط السنوي للأمطار ، أو توزيع السكان فيالعالم . وقد يحمل عنوان الخريطة إسم

أهم مركز عمراني في هذه الخريطة ، أو إسم الاقليم الذي تغطيه الخريطة — مثل إقليم الرور أو إقليم البقاع .

وحين نخطط لرسم الخريطة ، تبرز مسألة العنوان كجزء مهم في عملية التصميم ؛ فالعناوين على الخرائط تخدم في الواقع عدداً من الوظائف . فكما ذكرنا — يخبر العنوان القارىء بموضوع الخريطة ، وفي هذه الحالة تصبح أهمية العنوان كأهمية البطاقة على زجاجة الدواء . وفي حالات أخرى نجد أن بعض الخرائط واضحة في مادة موضوعها حتى أنها لا تحتاج في الحقيقة إلى مثل هذا العنوان . ومع ذلك فغالبا ما يكون العنوان في مثل هذه الأحوال مفيداً لمصمم الخريطة نفسه ، لأنه قد يجد في « شكل » العنوان أداة تساعده في توازن تركيب الخريطة (كـأن يضع العنوان مثلا في الجزء الخالي من الخريطة حتى يحفظ توازنها من الناحية المرئية) .

وليس من السهل أن نعمم ما ينبغي أن يكون عليه شكل العنوان ، لأن ذلك يعتمد كلية على الخريطة وموضوعها والغرض منها . فمثلا لنفرض أننا رسمنا خريطة تبين توزيع كثافة السكان (في الكيلومتر المربع) في الأرض الزراعية في مصر حسب بيانات تعداد سنة ١٩٦٠ ، فمن الممكن أن نكتب عنوان هذه الخريطة حسب الأغراض التالية :

١ — إذا كانت الخريطة ستظهر في كتاب مدرسي عام يدرس موضوع كثافة السكان في العالم في نفس الفترة ، فقد يكفي أن يكون عنوان الخريطة « مصر » فقط ، لأن الوقت والموضوع قد يكونا معروفين .

٢ — وإذا كانت الخريطة ستظهر في دراسة تتعلق بحالة الغذاء في منطقة الشرق الأوسط (أو إفريقيا مثلا) في نفس الفترة ، وكان في هذه الخريطة دليل يؤكد بعض حقائق البحث ، فيمكن أن يكون العنوان « توزيع كثافة السكان في مصر » .

٣ — أما إذا كانت هذه الخريطة ستظهر في كتاب أو بحث يختص بدراسة

التغيرات في توزيع الكثافة السكانية في مصر ، فينبغي أن يكتب العنوان كاملا كما يلي : « توزيع كثافة السكان في مصر — سنة ١٩٦٠ » .

ومجمل القول أن العنوان يجب أن يُفصّل حسب المناسبة التي استدعت رسم الخريطة . كذلك يجب أن تتناسب درجة البروز والاهتمام البصري الذي يعرضه العنوان (من خلال طراز الخط وحجم وسواد الحروف المستخدمة) مع تصميم الخريطة والغرض منها .

وفي الخرائط الكبيرة المقياس ، قد نجد سلسلة من لوحات الخرائط المطبوعة — بنفس مقياس الرسم — تغطي في مجموعها دولة معينة أو إقليما من الأقاليم ، مثل اللوحات العديدة التي تكون أطلس مصر الطبوغرافي بمقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ وتحمل أي لوحة في مثل هذه السلسلة أرقاماً أو حروفا أبجدية لكي تبين مكانها داخل الإطار العام الذي تمثله كل مجموعة خرائط هذه السلسلة . فإذا أردنا أن نعرف مكان لوحة معينة ، أو ما يجاورها من لوحات خرائط هذه السلسلة ، نرجع إلى رقم هذه اللوحة في دليل اللوحات ، وهو عبارة عن رسم بياني صغير ومقسم حسب شكل وترتيب كل لوحة في هذه السلسلة ، بحيث يشمل مكان كل لوحة رقمها الخاص بها . وعادة ما يرسم هذا الدليل البياني في هامش كل لوحة ، أو على غلاف مجموعة هذه السلسلة إذا كانت خرائطها مرتبة في شكل أطلس .

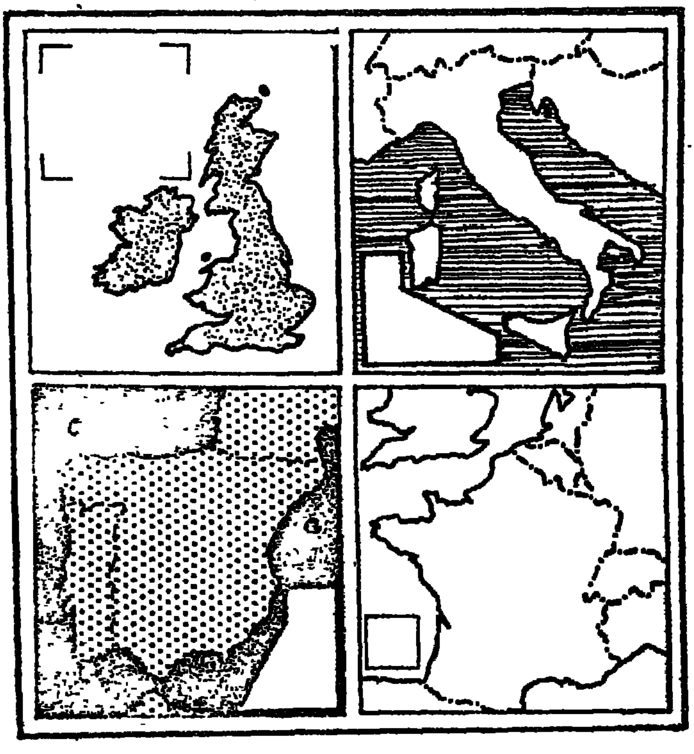
دليل الخريطة

المفتاح أو الدليل أمر لازم في معظم الخرائط . لأنه يشرح ما تعنيه الرموز المختلفة والمستخدمة في رسم الخريطة . وقد تُرسم الخريطة لتبيين توزيع ظاهرة واحدة فقط ، وفي هذه الحالة قد نكتفي بالعنوان ويمكن حذف المفتاح ، لأن البيانات التي سيحويها هذا المفتاح ليست ضرورية . غير أن أغلب الخرائط على كل حال ، تبين عدداً من الظاهرات التي تمثلها رموزاً مختلفة ، وهنا

يصبح من الضروري أن نميزها عن بعضها البعض – وذلك عن طريق المفتاح .

ويجب أن يتذكر الكرتوجرافي قاعدة أساسية حين يصمم خريطته ، وهي أن أي رمز لا يكون واضحاً في حد ذاته ، لا ينبغي استخدامه في الخريطة إلا إذا تم تفسيره في المفتاح . بل يجب أيضا أن يظهر أي رمز مشروح في المفتاح كما يظهر تماماً على الخريطة ، إذ من الضروري أن يرسم بنفس الحجم والشكل .

ويمكن تأكيد أو تقليل أهمية إطار المفتاح عن طريق تغيير شكله أو حجمه أو علاقته بخلفية الخريطة . ويوضح (شكل ١٩) أنواعا مختلفة من إطارات مفتاح الخريطة . وفي الماضي ، كان الرسامون يضعون مفاتيح الخرائط داخل إطارات جميلة ومزخرفة لدرجة أنها كانت تجذب الكثير من الانتباه . أما في



(شكل ١٩) أشكال مختلفة من إطارات مفتاح (أو دليل) الخريطة .

الوقت الحاضر ، فمن المسلّم به عموما أن محتويات المفتاح أكثر أهمية من شكل إطارها . ولهذا فعادة ما تجعل الإطار بسيطاً .

الموقع

يتحدد الموقع على كثير من الخرائط بواسطة خطوط العرض والطول المرقمة . وتبين هذه الوسيلة « اتجاه » الخريطة في نفس الوقت ، طالما أن خطوط العرض تمتد في اتجاه شرقي غربي وخطوط الطول في اتجاه شمالي جنوبي .

وهنالك بعض أنواع من الخرائط — مثل خرائط الطرق الصغيرة المقياس وخرائط التوزيعات الكمية التي تهتم بدرجات كثافة التوزيع أكثر من اهتمامها بتفاصيل الموقع — يمكن أن تتجاهل رسم شبكة خطوط العرض والطول لبيان الموقع ، على أساس أن القارىء لا يهتم بمواقع أكثر مما تبينه الخريطة نفسها . وعلى أية حال ، تحتاج معظم الخرائط الكبيرة المقياس إلى رسم شبكة خطوط العرض والطول الرئيسية . ولذا يحسن أن نلم بكيفية رسم هذه الخطوط على سطح الأرض ، وكذلك بعض الحقائق المتصلة بها والتي تهـم الجغرافي والكرتوجرافي بصفة خاصة .

١ — حاجة الإنسان إلى نظام الاحداثيات :

لكي نوقع نقطاً على أي سطح فمن الضروري أن يكون لدينا مفاهيم وتحديدات للاتجاه والمسافة . وكل المواقع المكانية نسبية ، ولهذا يجب أن تتحدد هذه المواقع بالنسبة لدليل معين أو « نقطة الأصل » — كما يسميها علماء الرياضيات . فإذا عيّنا مثل هذه النقطة الأساسية ، يمكن حينئذ أن نحدد موقع كل نقطة أخرى على السطح على مسافة معينة واتجاه معين من نقطة الأصل . وليست هناك نقطة أصل طبيعية على سطح مستوي plane غير محدود ، أو على سطح كروي ساكن لا يدور — وهذا معناه أن كل نقطة تشبه أي نقطة أخرى على مثل هذا السطح .

وفي علم الرياضيات mathematics ، طور العلماء نظاماً تحكميا لبيان الموقع على سطح المستوى ، وذلك بتعيين « نقطة الأصل » عند تقاطع خطين أو محورين متعامدين (س ، ص) . ثم يقسم سطح المستوى بعد ذلك إلى شبكة قائمة الزوايا وذلك بإضافة خطوط على مسافات متساوية وموازية لكلا المحورين — كما هو الحال في شبكة خطوط ورق المربعات المألوف .

ولكي نعيّن موقعا نسبيا على سطح الأرض ، نلجأ إلى استخدام نظام مماثل لنظام هذه الاحداثيات (وإن كان نظام إحداثيات الأرض أقدم عهداً بكثير) . ولكن سطح الأرض سطح مقوس في كل الجوانب ؛ أي أنه ينحني بعيداً في كل اتجاه من كل نقطة ، ومن ثم يستحيل استخدام الخطوط المستقيمة المتوازية — كما في نظام الاحداثيات الرياضية . ومع ذلك فهذان النظامان من شبكات الخطوط (أو الاحداثيات) متشابهان في عدد من الخصائص . ففي نظام احداثيات الأرض الكروية تتعامد خطوط الشبكة على بعضها البعض ، ولكنها لا توازي بعضها الآخر إلاّ في مجموعة واحدة فقط من هذه الخطوط — أي في حالة خطوط العرض فقط .

ومن حسن الحظ أن الطبيعة قد حددت نقطتان مناسبتان كنقطتي أصل ؛ وهذان هما القطبان أو النقطتان حيث يتقاطع محور الأرض مع السطح الكروي .

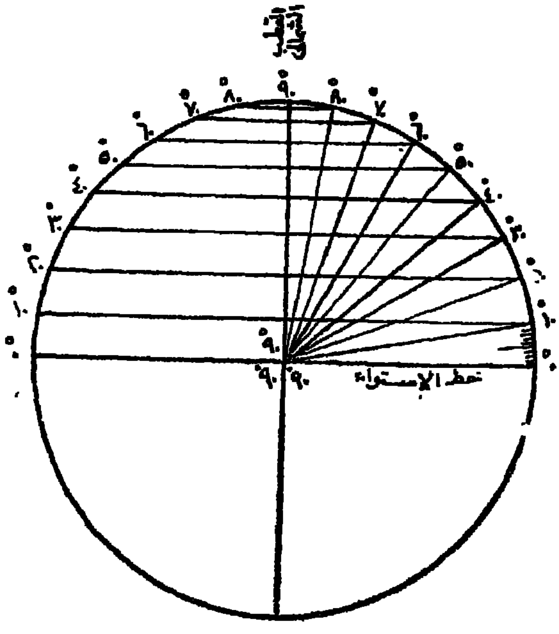
وفي نظام احداثيات الأرض، تسمى الخطوط العرضية بالمتوازيات parallels أو خطوط العرض latitudes ، أما الخطوط الطولية فتسمى خطوط الطول meridians or longitudes . وتتحدد الاتجاهات الأساسية على سطح الأرض عن طريق ترتيب هاتين المجموعتين من الخطوط .

٢ — شبكة خطوط العرض والطول :

يختلف شكل الأرض اختلافاً طفيفاً عن الشكل الكروي الصحيح ، فهي منتفخة عند خط الاستواء ، وبالتالي هناك فرطحة أو انبساطاً طفيفاً عند الأجزاء القطبية . وبذلك أصبح هناك فرق يبلغ نحو ٢١,٥ كيلومتر (١٣,٣ ميل) بين

طول نصف القطر الأستوائي ونصف القطر القطبي – الإستوائي بالطبع هو الأطول [١] .

وبسبب دوران الأرض حول نفسها ، أصبح عليها نقطتان طبيعيتان (القطبان) يمكن أن نتخذهما كنقطتي أصل . وقد استدعت حاجة الإنسان منذ القدم ابتكار شبكة من الخطوط لكي تستخدم في تعيين المواقع على سطح الأرض . وكان الإغريق هم الذين ابتكروا هذا النظام الشبكي لإحداثيات الأرض منذ نحو ٢٢٠٠ سنة مضت .



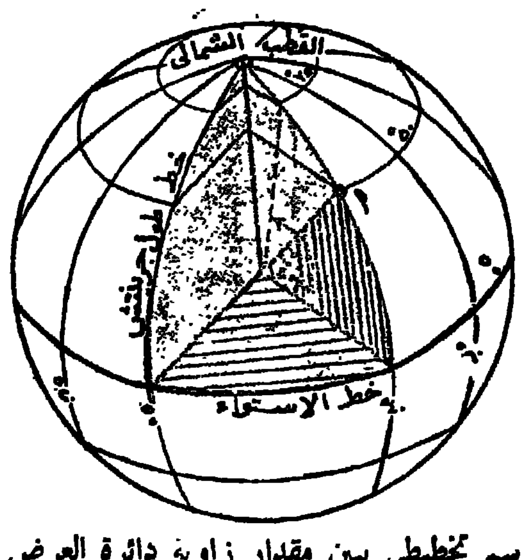
(شكل ٢٠) يقاس بعد المكان عن خط الإستواء بمقدار الزاوية المحصورة بين هذا المكان ومركز الأرض .

---

(١) أظهرت الدراسات الجيوديسية (الخاصة بتقوس سطح الأرض) المعتمدة على معلومات الأقمار الصناعية (التي بدأ بها عصر الفضاء في سنة ١٩٥٧) ، أن درجة الفرطحة في العروض القطبية هي في الحقيقة أقل نوعاً ما كان معتقداً من قبل . راجع :
The Marshall Covendish Learing System (1969), The Making of Maps, London, pp. 25-27.

وتمثل نقطتا البداية في هذا النظام نهايتي المحور الذي تدور الأرض عليه : القطب الشمالي والقطب الجنوبي . وقد تصور الإغريق دائرة عظيمة تقع في منتصف المسافة بين نقطتي القطبين وتمر حول الأرض ومن ثم تقسمها إلى قسمين متساويين — ومن هنا سميت بدائرة خط الاستواء Equator . ثم تصوروا دوائر أصغر يوازي كل منها دائرة خط الاستواء ، وهي تعين مسافة الزاوية بالدرجات شمالا أو جنوبا بين دائرة خط الاستواء والقطبين . ولعلاقة هذه الدوائر الأصغر بخط الاستواء وبعضها البعض ، فقد سميت بالمتوازيات parallels أو خطوط العرض .

ويصور (شكل ٢٠) ببساطة كيف أمكن رسم خطوط العرض شمال خط الاستواء والتي يبلغ عددها هناك ٩٠ دائرة خط عرض (وبالمثل هناك ٩٠ دائرة خط عرض أخرى جنوب خط الإستواء) . وكل خط عرض منها يمثل درجة مقاسة من مركز الأرض — تذكر أن ربع الدائرة يساوي ٩٠° . كذلك يمكن أن نتخيل من (شكل ٢١) كيف رُسمت مثلاً دائرة خط عرض



شكل ٢١) رسم تخطيطي يبين مقدار زاوية دائرة العرض ٥٠° شمالاً ، المقاسة من مركز الأرض عند مستوى خط الاستواء .

٥٠° شمالا – فهي على سطح الأرض المقوس تبعد عن خط الاستواء بمقدار ٥٠° مقاسة من مركز الأرض عند مستوى خط الإستواء . فخط العرض إذن هو عبارة عن مسافة الزاوية شمال أو جنوب خط الاستواء ، والمقاسة من مركز الأرض بالدرجات .

وكل خطوط العرض ، بما فيها خط الاستواء ، هي دوائر تحيط بالأرض في اتجاه شرقي غربي ؛ ولما كانت كل دائرة تنقسم إلى ٣٦٠° ، فمن الممكن أن تُرسم سلسلة من الخطوط الطولية خلال التقسيمات المقابلة لهذه الدرجات على كل دائرة عرض . حينئذ ستمتد كل هذه الخطوط الطولية شمالا وجنوبا وستكون متساوية المسافات شرقا وغربا على كل دائرة عرض . هذه الخطوط الطولية هي ما نعرفها باسم « خطوط الطول » ، وهي تقطع دوائر العرض بزوايا قائمة (أي عمودية عليها) . وبرسم هذه الخطوط يتكون النظام الشبكي للأرض – وهو وهمي كما نعلم .

ورغم أنه لم يكن من الصعب على الإغريق أن يحددوا درجات خطوط العرض (واستخدموا في ذلك بعض اجهزة الرصد الفلكي) ، إلاّ انهم لم يستطيعوا تحديد خطوط الطول بنفس الدقة ، وبذلك أخطأ علماؤهم بشكل كبير في تحديد المواقع شرقاً وغرباً على الارض . بل لقد أدى هذا الخطأ الجسيم في القرن الخامس عشر الميلادي إلى الاعتقاد بصغر المسافة التي تفصل أوربا عن آسيا غرباً – وذلك بأقل من نصف قيمتها الحقيقية . ومن السخرية حقاً أن هذا الإعتقاد الخاطىء هو الذي شجع كولمبس للابحار غرباً من أوربا لكي يصل آسيا ، ولكنه اكتشف الأمريكتين .

ووحدات القياس على كلا خطوط العرض والطول هي الدرجات – والدرجة تمثل $\frac{1}{360}$ من الدائرة ، وكل درجة تنقسم إلى ٦٠ دقيقة (٦٠′) ، والدقيقة تنقسم إلى ٦٠ ثانية (٦٠″) . ولتبسيط مشاكل توقيع النقط شمالا وجنوبا على سطح الأرض ، أعتبر خط الاستواء درجة الصفر (٠°) ، وبالتالي يكون القطب الشمالي ٩٠° شمالا ، والقطب الجنوبي ٩٠° جنوبا .

أما بالنسبة لخطوط الطول فلم تكن المسألة بهذه البساطة ، فهي كلها خطوط متماثلة وليس لها نقطة أصل طبيعية أو خط بداية طبيعي — حتى أن أي خط منها يصلح لأن يكون خط بداية . وقد شجع هذا كثيرا من الدول في الماضي على استخدام خط الطول الذي يمر بعاصمة كل منها كخط بداية تُحسب منه المسافات شرقا وغربا على سطح الكرة الأرضية . وقد أدى هذا الأمر إلى كثير من الاضطراب والبلبلة وبخاصة عند استخدام الخرائط المختلفة المطبوعة في دول مختلفة — لأن خط البداية اختلف في كل منها . ولكن تفوق انجلترا كدولة بحرية وانتشار خرائطها الملاحية ، أدى في نهاية الأمر إلى اختيار خط الطول الذي يمر خلال المرصد الملكي في جرينتش [1] (قرب لندن) كخط رئيسي — خط طول (٠°) . وكان قد أتفق على ذلك في مؤتمر دولي في سنة ١٨٨٤ .

هكذا أصبحت خطوط الطول منذ ذلك الوقت تُحدد شرقا أو غربا من جرينتش ، حتى خط طول ١٨٠° وهو الخط المقابل لخط جرينتش . وباختيار خط جرينتش كخط الطول الرئيسي prime meridian ، أصبحت « نقطة الأصل » [2] لنظام احداثيات الأرض تقع في خليج غانة .

والواقع أن اختيار خط جرينتش كخط الطول الرئيسي لم يكن موفقاً تماما ، بل يبدو مضايقاً نوعا لأنه يقسم أراضي كل من أوربا وإفريقيا إلى خطوط طول شرق وغرب . أما موقع خط الطول المقابل له — وهو خط طول ١٨٠° — فأكثر ملاءمة لأن موقعه في المحيط الهادي قد هيأ خطاً مناسباً

---

(١) المرصد الملكي هو مصدر التوقيت القانوني في بريطانيا ، وقد أسس هذا المرصد في جرينتش سنة ١٦٧٥ . وفي سنة ١٩٥٠/١٩٥٧ نقل هذا المرصد من جرينتش إلى هرستمونسو Hurstmonceux ، وهي قرية تقع قرب الساحل الجنوبي لانجلترا في مقاطعة سسكس Sussex ، وبها قلعة من القرن الخامس عشر وهي الآن مكان المرصد أما خط طول جرينتش (٠°) فباق لم يتغير .

(٢) أي نقطة تقاطع خط عرض ٠° (خط الاستواء) مع خط طول ٠° (خط طول جرينتش)

للتاريخ الدولي [1] ، وهو الخط الذي إذا عبره المسافر إما أن يضيف أو يسقط يوما تبعاً للاتجاه الذي يسافر فيه . فإذا كان مسافراً شرقا – أي نحو الامريكتين – يكرر التاريخ (مثلا يوم الاثنين ٢٧ مايو – آيار – يليه نفس يوم الاثنين ٢٧) . أما إذا كان مسافراً غربا نحو آسيا فيحذف تاريخ يوم كامل (فيوم الاثنين ٢٧ مايو يليه الأربعاء ٢٩ مايو) .

ويتضح من هذه الدراسة الخاصة بشبكة خطوط العرض والطول ، أن أي نقطة في العالم يمكن أن توقع بالضبط حين نحدد خط عرضها بالدرجات والدقائق والثواني – بالإضافة إلى اتجاهها من خط الاستواء شمالا أو جنوبا – وكذلك نحدد خط طولها بنفس الدقة بالإضافة إلى اتجاهها من جرينتش شرقا أو غرباً – وعادة نحذف الثواني لأن ذكر الدقائق يضمن توقيع أي نقطة على سطح الأرض في حدود ميل تقريبا .

٣ – طول (مسافة) درجة العرض ودرجة الطول :

تقاس درجات العرض ، التي تبين المسافة شمال أو جنوب خط الإستواء ، على طول الدوائر الكاملة لخطوط الطول . ولما كان طول محيط أي دائرة كاملة لخطوط الطول نحو ٤٠,٠٠٨ كيلومتر . وأن هذه الدائرة تنقسم إلى ٣٦٠° ، فإن متوسط طول درجة العرض على سطح الأرض هو ١١١,١ كم (أو ٦٩,٠٥ ميل) . ولذلك فالمسافة بين درجات العرض منتظمة تقريبا .

ولكن نتيجة لفرطحة الأرض الطفيفة عند القطبين ، أصبح طول درجة العرض عند القطبين (١١١,٦ كم) أطول قليلا من درجة العرض عند خط الاستواء (١١٠,٦ كم) . غير أن هذا الاختلاف طفيف للغاية ، ونستطيع

---

(١) خط التاريخ الدولي اتفق عليه دوليا سنة ١٨٨٣ . وهو خط وهمي يتفق مع خط طول ١٨٠. مع بعض الانحرافات منه وذلك لتجنب بعض مناطق اليابس ؛ فتصبح ألاسكا وجزر ألوشيان واقعة شرق هذا الخط ، وبعض جزر المحيط الهادي الجنوبي واقعة إلى الغرب منه . وعند عبور هذا الخط إما أن نكسب أو نفقد يوماً كاملا في أجندة التقويم .

في معظم حساباتنا أن نعتبر طول الدرجة العرضية على سطح الأرض ١١١ كيلو متر ، أو ٦٩ ميل . وسوف نحتاج دائماً إلى تذكر هذا العدد في مقاييس رسم الخرائط ، وفي دراساتنا الجغرافية بصفة عامة .

أما درجات الطول التي تقيس المسافات شرقاً وغرباً فتختلف أطوالها كثيراً ، لأن المسافة حول الأرض تتغير من دائرة خط الاستواء إلى القطبين — إذ تصغر دوائر العرض باطراد كلما بعدنا عن خط الاستواء شمالاً أو جنوبا واقتربنا من القطبين . وبالتالي سوف تقل المسافة بين خطوط الطول كلما اقتربنا من القطبين .

ويبلغ إتساع (أو مسافة) درجة خط الطول ١١١,٣ كم عند خط الاستواء ؛ ثم تأخذ هذه المسافة في النقصان شمالا أو جنوبا إلى أن نصل إلى خط عرض ٦٠° حيث تبلغ مسافة درجة خط الطول هناك (٥٥,٨ كم) نصف طولها عند خط الاستواء . أما عند القطبين فتصبح هذه القيمة صفراً .

٤ — الدائرة العظمى :

أقصر مسافة بين نقطتين هو الخط المستقيم ؛ ومع ذلك فليس من المعقول على الأرض الكروية أن نتبع هذا الخط المستقيم خلال جزئها الصلب . فأقصر مسافة بين نقطتين على الكرة الأرضية هو القوس الممتد على السطح فوق الخط المستقيم مباشرة ، بحيث يكون هذا القوس جزءاً من دائرة المستوى plane الذي يقطع سطح الأرض ماراً خلال النقطتين ثم بمركز الأرض . فمثل هذا المستوى يقطع سطح الأرض على طول دائرة عظمى great circle .

ولكي نفهم معنى مستوى هنا ، نأتي ببرتقالة ونوقع على سطحها أي نقطتين بالحبر ، ثم نقطع البرتقالة بالسكين بحيث يمر القطع بالنقطتين وكذلك بمركز البرتقالة ؛ ففي هذه الحالة سوف نشطر البرتقالة إلى نصفين متساويين ، وسيكون الوجه المنبسط لأي من نصفي البرتقالة هو « مستوى

قطع » . نحاول بعد ذلك أن نضم نصفي البرتقالة إلى بعضهما لكي تعود برتقالة إلى شكلها الكامل ، ولكننا سنلاحظ مكان القطع على السطح الخارجي برتقالة خطاً خارجياً يدور حول البرتقالة كالدائرة ، وهذه هي ما نسميها دائرة العظمى ، وأن جزءها الذي يبدو على شكل قوس ويمر خلال النقطتين لموضحتين بالحبر هو أقصر مسافة بين هاتين النقطتين .

إذن أي دائرة على سطح الأرض يمر مستواها بمركز الأرض هي دائرة عظمى . ويمكن على سطح الأرض الكروي رسم عدد لا نهائي من الدوائر لعظمى ، ولكن لا يمكن أن نرسم غير دائرة عظمى واحدة فقط لتمر خلال ي نقطتين على هذا السطح الكروي . وأي خط طول هو نصف دائرة عظمى ، إذا ما وصلناه بخط الطول المقابل له (مثلا ٠° — ١٨٠°) فسوف يكون دائرة عظمى . كذلك نجد أن دائرة خط الاستواء هي دائرة عظمى — ولكن كل دوائر العرض الأخرى ليست دوائر عظمى لأنها لا تشطر الأرض إلى نصفين متساويين .

هناك إذن عدة علاقات هندسية بين الدوائر العظمى والكرة الأرضية ولها دلالات عظيمة في الكرتوجرافيا واستخدام الخرائط ، ومنها :

(١) أي دائرة عظمى تنصف دائما أي دائرة عظمى أخرى .

(٢) قوس الدائرة العظمى هو أقصر مسافة بين نقطتين على السطح الكروي .

(٣) مستوى أي دائرة عظمى يشطر الأرض إلى شطرين متساويين دائما ، ومن ثم فهو يشمل مركز الأرض دائما .

ولما كانت الدائرة العظمى هي أقصر مسافة بين نقطتين على سطح الأرض الكروي ، فقد أتبعتها طرق الملاحة الجوية والبحرية — كلما كان ذلك ممكناً . ومن أمثلة ذلك : الطرق الجوية الطويلة بين لندن ولوس أنجلس ، وبين أمستردام وفانكوفر (وكلاهما يمر فوق جرينلاند) ؛ ثم طريق امستردام وطوكيو الذي يمر فوق جرينلند وألاسكا — وهذه كلها تسمى الطرق القطبية .

٥ ـ شبكة الإحداثيات القومية :

تصدر مصالح المساحة في معظم الدول سلسلة من الخرائط الطبوغرافية التي تغطي في مجموعها أراضي الدولة . ولتسهيل تعيين أي نقطة أو موقع في الدولة على هذه الخرائط ، فقد طورت كثير من الهيئات العسكرية في العالم نظاما شبكياً يعرف باسم «شبكة الاحداثيات القومية» National Grid وطبعته على خرائطها الطبوغرافية .

ونظام هذه الشبكة عبارة عن عدد من الخطوط المتوازية التي ترسم في الاتجاه الشمالي الجنوبي ، وخطوط متوازية أخرى ترسم في الاتجاه الشرقي الغربي ، ومن ثم تكون شبكة من المربعات . وترسم هذه الخطوط على مسافات ثابتة ـ مثلا مسافة ١٠ كم على الخرائط الطبوغرافية البريطانية الأصغر مقياسا ، ومسافة كيلومتر واحد على الخرائط الأكبر مقياسا (أي الأكثر تفاصيلاً) . وتقسم جوانب المربعات الكيلومترية إلى عشرة أقسام ثانوية (طول كل منها ١٠٠ متر) ، ومن ثم نحصل على الاحداثيات التي يمكن أن تحدد لنا أي نقطة على الخريطة . وتتميز خطوط المربعات الرئيسية بسمكها ، بينما تكون خطوط المربعات الثانوية خفيفة الرسم .

ويبدأ ترقيم خطوط الشبكة من نقطة أصل تقع في جنوب غرب القطر . وتسمى الخطوط المرقمة من الغرب إلى الشرق (وهي هنا الخطوط الرأسية) بإسم « الشرقيات Eastings » . أما الخطوط المرقمة من الجنوب إلى الشمال (وهي هنا الخطوط الأفقية) فتسمى « الشماليات Northings » . وعند تحديد أي موقع في الخرائط البريطانية نبدأ بذكر رقم الشرقيات أولا ثم يكتب إلى يمينه رقم الشماليات بعد ذلك . وبالطبع يكتب أولا الحرف الأبجدي الذي يميز المربع الرئيسي .

أما الخرائط الطبوغرافية المصرية فلها ثلاث نقط أصل : نقطة أصل للخرائط التي تغطي منطقة الصحراء الغربية (في ليبيا) ؛ ونقطة ثانية للخرائط

التي تغطي وادي النيل والدلتا ؛ ثم نقطة ثالثة لخرائط الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء . ويمن هنا نقطة الأصل لخرائط الوادي والدلتا ، وتقع في جنوب غرب مصر في جبل العوينات . وتغطي مساحة كل لوحة طبوغرافية بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ مساحة ٤٠ × ٦٠ كيلومتر ، ونجد في أقصى جنوب غرب كل لوحة مقدار البعد بالكيلومترات شرق الأصل (مثلا ٧٥٠ كم مكتوبة على أول خط رأسي من اليسار ، وهو بالطبع خط طولي أي من الشرقيات) ، كما نجد أيضا مقدار البعد بالكيلومترات شمال الأصل (مثلا ٣٢٠ كم مكتوبة على أول خط أفقي من الجنوب ، وهو بالطبع خط أفقي أي من الشماليات) ؛ أما بقية اللوحة فمقسمة تبعا لهذا القياس لكل كيلومتر على المسافة الرأسية ، وكذلك لكل كيلومتر على المسافة الأفقية للوحة الخريطة . أما الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١/٢٥,٠٠٠ ، فتغطي كل لوحة منها مساحة ١٠ × ١٥ كيلومتر ، ويتبع فيها نفس التقسيم السابق للخرائط بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .

الاتجاه

عادة ما تبين خطوط العرض والطول اتجاه الخريطة ؛ فخطوط العرض تعين الاتجاه الشرقي الغربي ، بينما تعين خطوط الطول الاتجاه الشمالي الجنوبي . وقد يُرسم سهم على الخريطة ليشير إلى اتجاه الشمال الجغرافي — أو الشمال الحقيقي . وأحيانا قد يُرسم سهمان : أحدهما يشير إلى الشمال الحقيقي ، والآخر إلى الشمال المغنطيسي — وإن كان ذلك يقتصر على بعض الخرائط الخاصة مثل خرائط المستكشفين وبعض الخرائط الطبوغرافية العسكرية .

ولا ينطبق سهم اتجاه الشمال المغنطيسي على سهم اتجاه سهم اتجاه الشمال الحقيقي ، ويعرف الفرق بين هذين الاتجاهين بالانحراف أو الميل المغنطيسي ، ويقاس هذا الانحراف بالدرجات . ويكون الانحراف المغنطيسي شرقاً إذا

كان اتجاه الشمال المغنطيسي يقع إلى الشرق من خط الشمال الحقيقي (الجغرافي) ويكون غربا إذا كان خط الشمال المغنطيسي يقع إلى الغرب من خط الشمال الحقيقي .

وتختلف درجة الانحراف المغنطيسي من مكان إلى آخر على سطح الأرض تبعاً لموقع المكان بالنسبة للقطب الجغرافي الشمالي من جهة وبالنسبة للقطب المغنطيسي الشمالي من جهة أخرى — ومعروف أن هذا القطب المغنطيسي يقع جنوب جزيرة باثرست وهي إحدى الجزر القطبية الواقعة شمال كندا على خط طول ١٠٠° غربا تقريبا .

ومن الواضح أن اتجاه الشمال الحقيقي لا يمكن أن يتحدد بالبوصلة المغنطيسية إلا إذا عرفنا درجة واتجاه انحراف البوصلة عن الشمال الحقيقي . وهذا ما يحسبه قسم المساحة الجيوديسية والسواحل بالولايات المتحدة كل بضع سنوات ، ثم يصدر خرائط الانحراف المغنطيسي لكل أجزاء العالم (١) .

وكما عرفنا (الفصل الأول) أنه حين كانت الخرائط ترسم للعالم المجهول في الأزمنة القديمة ، كان من عادة الكرتوجرافيين الأوربيين في العصور الوسطى أن يضعوا أهم منطقة لديهم في أعلى الخريطة أو في وسطها . وبسبب ما كان للجنة ولمكان أصل المسيحية من أهمية في أذهان الناس أثناء تلك الفترة ، فقد كانت العادة أن يضعوا « الشرق Orient » (الجنة) في أعلى الخريطة ، وبيت المقدس في وسط الخريطة . ولكن لقد جرى العرف منذ تطور الكرتوجرافيا في عصر النهضة على جعل الشمال في أعلى الخريطة . وبذلك أصبح توجيه الخريطة نحو الشمال دائما .

---

(١) في سنة ١٩٠٨ ، إخترعت البوصلة الجيروسكوبية gyrocompass التي لا تتأثر إطلاقا بقوى مغنطيسية الأرض ، ولذلك تشير دائما إلى الشمال الحقيقي . وهي تستخدم كثيرا في السفن البحرية لتحديد المواقع .

مراجع الفصل الرابع

١ - Debenham, F. (1957), The Use of Geography, The English Univ. Press : London (Ch. 3).

٢ - Finch, V.C. (1949), Elements of Geography, 3rd ed., McGrow-Hill : New York, (Ch. 2).

٣ - Hoyt, J.B. (1962), Man and the Earth, Prentice-Hall : London, (Ch 3, Appendix).

٤ - Raisz, E. (1948), General Cartography, New York, (pp. 57-62, 144-145).

٥ - Robinson, A.H. (1960), Elements of Cartography, New York, (Ch. 2)

الفصل الخامس

مقاييس رسم الخرائط

لما كانت الخرائط أصغر بالضرورة من المناطق التي تمثلها على سطح الأرض فإن استخدامها الصحيح يتطلب توضيح النسبة بين القياسات المقارنة – أي بين القياسات على الخريطة وما يقابلها على الأرض . هذه النسبة تسمى « مقياس رسم الخريطة » ؛ وهو أول ما ينبغي أن نقرأه على الخريطة .

مفهوم مقياس الرسم :

لا شك أن كلاً منا قد شاهد نموذجا كروياً للأرض ، وهو عبارة عن كرة صغيرة تمثل الأرض وتظهر عليها القارات والمحيطات بشكلها الحقيقي في الطبيعة . ومن الممكن أن نقيس أبعاد هذا النموذج ، وأن نعبّر عن العلاقة بين حجمه وحجم الأرض بنسبة ratio تتكون من نفس وحدات القياس . وتسمى هذه النسبة : مقياس رسم الكرة . فمثلا . إذا كان لدينا نموذجا كرويا كبيراً نسبيا طول قطره « ١٢٥ سنتيمتر » ، ونحن نعرف أن متوسط طول قطر الأرض حوالي ١٢٦٦ مليون سنتيمتر (أي ١٢٦٦٠ كم) ، فإن نسبة المسافة المقاسة بالسنتيمتر بين أي نقطتين على النموذج الكروي وتلك المسافة بين نفس النقطتين على سطح الأرض – مقاسة أيضا بالسنتيمتر –

سوف تكون مثل نسبة ١٢٥ إلى ١٢٦٦,٠٠٠,٠٠٠ . وهذه النسبة هي نفسها « ١ إلى ١٠,١٢٨,٠٠٠ » . وغالبا ما تكتب هذه النسبة في صورة كسر اعتيادي : فتصبح $\frac{١}{١٠,١٢٨,٠٠٠}$ ، أو ١ : ١٠,١٢٨,٠٠٠ : وتسمى «مقياس الرسم البياني» Representative Fraction (R.F.) في علم الخرائط .

وللخرائط أيضا علاقات نسبية بالأجزاء التي تمثلها من سطح الأرض — تماماً كما في حالة نموذج الكرة الأرضية . فعلى كل خريطة نرى بياناً يكتب على شكل نسبة أو كسر (أو في أي صورة أخرى مماثلة) ، ويسمى : مقياس رسم الخريطة map scale .

وقد تكون مقاييس رسم الخرائط كبيرة أو صغيرة . فمثلا مقياس ١ : ١٠,٠٠٠,٠٠٠ يدل على مقياس صغير لأن وحدة قياس مسافية (سنتيمتر أو بوصة أو قدم أو أي وحدة قياس) على الخريطة تمثل ١٠,٠٠٠,٠٠٠ وحدة من نفس النوع على الأرض . وبالتالي تكون الخريطة (بالنسبة للأرض) صغيرة جداً . أما مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ فيدل على خريطة أكبر مقياساً من الخريطة الأولى بكثير — وبالتالي سوف تحتوي على كثير من التفاصيل التي لا يمكن أن تتضمنها الخريطة الأولى نظراً لصغر مقياسها . ويظل مقياس الرسم يكبر بالتدريج — مثلا ١ : ٥٠,٠٠٠ ، ١ : ٤٠,٠٠٠ ، ١ : ٢٥,٠٠٠ — حتى نصل (نظرياً) إلى مقياس بنسبة «١ : ١» الذي يدل على خريطة مرسومة بنفس أبعاد المنطقة الأرضية المرسومة ! ويمكن للقارىء أن يرجع إلى أطلسه لكي يتعرف على مدى مقاييس رسم الخرائط المستخدمة عادة في مثل هذا النوع من الأطالس العامة .

اختلاف تطبيق المقياس على جميع أجزاء الخريطة :

هناك اختلاف جوهري بين تطبيق مقاييس الرسم على نماذج الكرة الأرضية وعلى الخرائط المستوية السطح . فمقياس رسم النموذج الكروي

— مهما كان صغيراً — قد ينطبق عليه انطباقاً صحيحاً في أي جزء من الكرة وفي أي اتجاه عليها . أما على الخرائط الصغيرة المقياس ، وبخاصة تلك التي تمثل العالم كله . فنلاحظ أن المقياس المبيّن على الخريطة نادراً ما ينطبق بالتساوي على كل خطوط شبكة الخريطة ، بل وقد ينطبق أحيانا على خط واحد فقط وعادة يكون في منتصف الخريطة . والسبب في ذلك راجع بالطبع إلى تقوس سطح الأرض ، وليست الخريطة إلاّ محاولة لنقل هذا السطح الكروي المقوس إلى سطح مستوٍ هو سطح الورقة .

وحينما نرسم على لوحة من الورق خريطة تبين مساحة صغيرة من سطح الأرض ، كالترية مثلا أو جزء صغير من المدينة ، فسوف لا تحمل الخريطة أي تحريف أو تشويه في شكل المنطقة المرسومة أو في مساحتها النسبية ؛ ذلك لأن الجزء المرسوم من سطح الأرض المقوس من الصغر بحيث يكون من الناحية العملية مستوياً في حد ذاته ، إذ أن درجة تقوس سطح الأرض في هذه المنطقة الصغيرة والمحدودة المساحة تبدو ضئيلة لا تذكر (١) . أما حينما نرسم على الورق خريطة تمثل العالم كله . أو تمثل قارة من القارات أو دولة أو حتى محافظة ، فلابد أن تحمل مثل هذه الخريطة بعض التحريف عن الشكل الصحيح للأرض ، وهنا يستحيل انطباق مقياس رسم الخريطة على كل أجزائها أو اتجاهاتها . ولكي نتصور ذلك ببساطة ، يحسن أن نعرض مثالاً مشابهاً فيما يلي :

نفرض أن لدينا كرة من المطاط ونريد أن نجعلها مستوية السطح . وذلك عن طريق الضغط عليها بقوة ؛ فلن يتحقق هذا الإستواء دون امتـداد أو تمزق المطاط . هذا التمدد أو التمزق هو ما يحدث بالضبط حينما نحول السطح الكروي للأرض إلى سطح مستوٍ تمثله ورقة الخريطة — ونسميه في هذه الحالة تحريفا أو تشويها للشكل الكروي الصحيح .

(١) يبلغ تقوس أو إنحناء الأرض أكثر قليلا من ٢/١ سم في الكيلومتر الواحد . أو حوالي متر في ١٨٢ كيلومتر .

فالتمثيل الصحيح والوحيد للكرة الأرضية ، هو نموذج الكرة الذي نعرفه . ولكن نموذج الكرة ليس وسيلة سهلة لاستخدامها في دراسة سطح الأرض ، بالاضافة إلى أن هذه الكرة لا تبين نصفي الأرض في وقت واحد ، وهي أيضا صعبة التناول والحفظ . لكل هذه الأسباب قام الانسان منذ أزمنة قديمة بكثير من المحاولات التي ترمي إلى ابتكار عدة نظم لترتيب خطوط الطول والعرض على السطح المستوي (الخريطة) ، بحيث يتحكم تصميمها في التحريف الذي لا يمكن تجنبه — وذلك من حيث نوعه أو درجته أو مكانه على الخريطة . ويسمى مثل هذا النظام الخاص بترتيب خطوط شبكة الأرض على السطح المستوي : مسقط الخريطة map projection . وهذا موضوع آخر سوف نتناوله بالدراسة في فصل آخر .

خلاصة ما نريد معرفته الآن هو أنه من العسير أن يكون مقياس رسم الخريطة صحيحاً في كل الاتجاهات ، ذلك أن سطح الأرض ليس مستوياً كسطح الورقة التي رسمت عليها الخريطة . وعلى العموم . هناك خطأ في مقياس رسم الخرائط ذات المقياس الصغير (أي الخرائط التي تمثل أجزاء كبيرة من سطح الأرض كالقارات مثلا) . بينما يتضاءل هذا الخطأ في الخرائط ذات المقياس الكبير — أي الخرائط التي تمثل مساحة محدودة أو صغيرة من سطح الأرض مثل منطقة القرية أو جزء من المدينة .

أنواع مقاييس الرسم

عرفنا أن مقياس الرسم هو عبارة عن العلاقة أو النسبة بين المسافات الموجودة على الخريطة والمسافات الحقيقية المقابلة لها على سطح الأرض . ويمكن التعبير عن مقياس الرسم بثلاث طرق رئيسية ، منها طريقة الكسر البياني ($\frac{١}{٥٠٠,٠٠٠}$) التي سبق أن ألمحنا إليها . وفي يلي تعريف بهذه الطرق الثلاث .

(١) المقياس الكتابي أو المباشر : statement of scale

في هذه الطريقة من طرق مقياس الرسم ، تكتب المسافة على الخريطة وما يقابلها من مسافة على الأرض ، مثل :

بوصة لكل ميل . (أو) سنتيمتر لكل كيلومتر . (أو)

٦ بوصة لكل ميل . (أو) ٤ سنتيمتر لكل كيلومتر .

وربما كانت هذه أنسب وسيلة لبيان مقياس الرسم ، لأن دلالة المقياس واضحة ومباشرة ، ولذلك كثيرا ما يستخدم هذا المقياس في الخرائط الطبوغرافية الكبيرة المقياس . ولكن لكي نفهم هذا النوع من المقياس ، ينبغي أن نكون على دراية بنظام القياس في القطر الذي أصدر الخريطة ، وإلاَّ يصبح المقياس الكتابي طلسماً غير مفهوم بالنسبة لنا . فمثلاً ، إذا لم نكن عارفين بنظام القياس الروسي وما يناظره في القياس العربي أو العالمي ، فلن نستطيع أن نفهم شيئا من خريطة روسية كتب عليها المقياس الكتابي التالي :

« One sajenyam to 1000 versts »

وحتى إذا استطعنا تحويل نظم القياس الأجنبية إلى نظم قياسنا المتبعة ، فسوف يتطلب هذا كثيرا من العمليات الحسابية ، ومن ثم تفقد هذه الطريقة من طرق عرض مقاييس الرسم خاصية بساطتها . أضف إلى ذلك أنه في حالة تكبير الخريطة أو تصغيرها ، فلن يصبح المقياس الكتابي صحيحاً — بل متناقضاً مع وضع الخريطة الجديدة (التي ظهرت بعد تكبير أو تصغير الخريطة الأصلية)

على أن معظم دول العالم وكذلك المنظمات الدولية تهدف في الوقت الحاضر إلى اتخاذ النظام المتري وتعميمه كنظام قياس عالمي . وفي هذه الحالة سيكون من السهل جداً فهم أي خريطة أجنبية تحمل المقياس الكتابي بالنظام المتري (مثلا : سنتيمتر لكل كيلومتر) ، لأنه نظام منطقي يستوعبه الذهن بسرعة .

(٢) مقياس الكسر البياني : R. F.

سبق أن أشرنا إلى مقياس الكسر البيـــاني Representative Fraction . وهو يعني أن وحدة القياس (كما تظهر في بسط الكسر) على الخريطة تمثل عدداً من الوحدات المماثلة (كما تظهر في مقام الكسر) على الأرض . وقد يسمى هذا المقياس أيضا « المقيـــاس العددي » Numerical scale ، وقد يكتب في مثل هذه الصورة $\frac{١}{٢٥٠,٠٠٠}$ ؛ أو ١ : ٢٥٠,٠٠٠ — وهذه هي الصورة الأفضل[١] — ويعني المقياس في هذا المثال أن ١ سم على الخريطة يمثل ٢٥٠,٠٠٠ سم على الأرض ؛ أو أن بوصة واحدة على الخريطة تمثـــل ٢٥٠,٠٠٠ بوصة على الأرض ؛ وبالمثل في أي وحدة قياس أخرى — المهم أن توحد وحدة القياس في طرفي المقياس .

ومن هنا ؛ كان لمقياس الكسر البياني خاصية فريدة من حيث كونه صالح للاستخدام عالمياً . فهو يتجنب ذكر إسم أي وحدة قياس عند كتابته على الخريطة . وفي نفس الوقت يتلاءم مع أي وحدات قياسية — حتى لو كانت غير مألوفة لنا — ما دامت موحدة على طرفي المقياس .

والعيب الرئيسي في استخدام هذا المقياس يظهر فقط في حالة تكبير الخريطة الأصلية أو تصغيرها ، لأن المقياس المكتوب بهذه الطريقة لن يكون صحيحاً في الخريطة الجديدة (نفس الوضع الذي ذكرناه في حالة المقياس السابق وهو المقياس الكتابي أو المباشر) . لذلك يجب أن نأخذ هذا الأمر في الاعتبار عندما نريد تكبير خريطة أو تصغيرها ، والحل الوحيد هو أن نكتب على الخريطة الأصلية مقدماً مقياس الكسر البياني الذي سيتناسب مع حالة الخريطة الجديدة . فمثلا إذا كان لدينا خريطة نعرف أن مقياسها هو ١ : ١٠٠,٠٠٠ ، ونريد أن نصغرها إلى نصف حجمها بالتصوير الفوتوغرافي .

---

(١) يمكن أن تكتب أيضا بهذه الصورة ؛ ٢٥٠,٠٠٠ . وهي الشكل الش ع

فيحسن قبل عملية التصغير أن نزيل هذا المقياس من الخريطة الأصلية ونكتب مكانه المقياس ١ : ٢٠٠,٠٠٠ — لأنه المقياس المناسب عندما تصغر الخريطة الأصلية إلى النصف .

وهنا قد يدهش القارىء المبتدىء ويظن أن هناك خطأً في طباعة هذه الأرقام ، ويتساءل ألم يكن من المنطقي أن يصبح مقياس الخريطة الصغيرة الجديدة ١ : ٥٠,٠٠٠ بدلاً من ١ : ٢٠٠,٠٠٠ ؟ الواقع أنه ليس هناك خطأ مطبعي ، وأن ما ذكرناه صحيح تماماً . والمسألة ببساطة هي كما يلي : مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ أكبر من مقياس ١/٢٠٠,٠٠٠ ، لأنه في الحالة الأولى يمثل السنتيمتر على الخريطة كيلومتر على الطبيعة [1] ، أما في الحالة الثانية فسوف يمثل السنتيمتر على الخريطة ٢ كيلومتر على الطبيعة — بمعنى أن وحدة الطول الثابتة على الخريطة (وهي اسم) التي كانت تشمل تفاصيل كيلومتر واحد أصبحت تشمل تفاصيل ٢ كم في نفس الحيز المحدود وبالتالي لا بد أن تصغر الأبعاد على الخريطة وتقل التفاصيل [2] .

لذلك يجب أن يتدرب القارىء على قراءة مقاييس الرسم ، حتى يدرك لأول وهلة مقياس الرسم إذا كان كبيراً أو صغيراً . وهناك قاعدة عامة تقول . كلما كبر مقام الكسر البياني حسابياً ، كلما صغر مقياس رسم الخريطة . وبالتالي عظمت المساحة التي يمكن أن ترسم على خريطة معينة — وهذا يعني فقدان كثير من التفاصيل . ويحسن من الآن أن يتناول القارىء أطلسه ويتعرف على مقاييس الرسم في الخرائط المختلفة .

---

(١) الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم (لأن الكيلومتر = ١٠٠٠ متر ، وكل متر = ١٠٠ سم) .

(٢) تصور في هذا الصدد حجرة يسكنها شخص واحد ، ومن ثم فهو يتمتع بكل مساحتها. ثم حدث أن شاركه في نفس الحجرة شخص آخر ، وبالتالي لا بد أن تصغر المساحة التي يشغلها كل منهما في هذه الحجرة ، ويترتب على ذلك انكماش موجودات (تفاصيل) كل منهما .

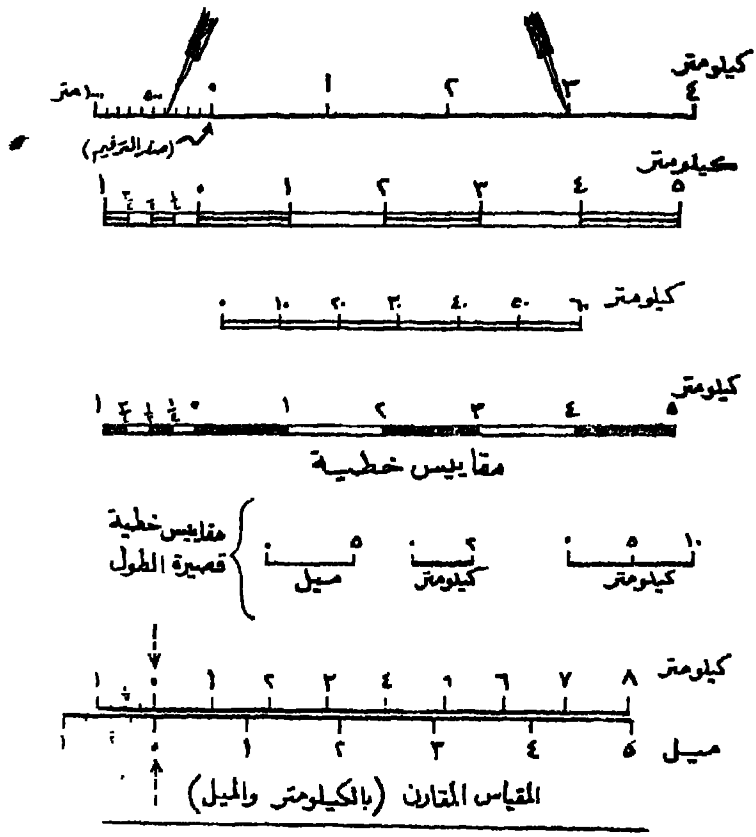
(٣) المقياس الخطي : Graphic or Linear scale

وهذا عبارة عن خط مرسوم على الخريطة ومقسم إلى أقسام متساوية تمثل وحدات المسافة على الأرض ، سواء بالكيلومتر أو الميل – أو مضاعفاتهما أو أجزاء منهما . وينبغي أن يكون المقياس الخطي بطول مناسب (مثلا ربع طول الخريطة أو أكثر) حتى يسمح بالقياس منه بسهولة . وينبغي أيضا أن يمثل أعداداً كاملة (مثل صفر – ١ – ٢ – ٣ – ٤ ...) أو أعدادا دائرية (مثل صفر – ٥ – ١٠ – ١٥ – ٢٠ ...) (أو صفر – ١٠ – ٢٠ – ٣٠ ..).

ومن المنطقي في رسومنا العربية أن يبدأ الترقيم من اليمين إلى اليسار ، وينطبق هذا على ترقيم خط المقياس الخطي . ومع ذلك لا ننصح أن يتم الترقيم بهذا الشكل في رسومنا الكرتوجرافية العربية ، ولدينا ما يبرر ذلك . فالترقيم من اليسار إلى اليمين أصبح نظاماً عالمياً ، وترقيم المساطر التي نقيس بها أي خط تبدأ من اليسار إلى اليمين – حتى لو كانت مصنوعة في بلاد عربية وأرقامها عربية . كذلك الطريقة الصحيحة لرسم الخطوط أو مدها أو تحبيرها تبدأ من اليسار إلى اليمين . لكل ذلك يحسن أن يبدأ الترقيم في رسومنا الكرتوجرافية من اليسار إلى اليمين حتى تسهل المقارنة مع الرسوم العالمية الأخرى ، ويسهل كذلك القياس بالمسطرة مهما اختلف نوعها .

هذا يحسن أن يبدأ صفر الترقيم من يسار خط المقياس الخطي ، وتتتابع إلى يمينه بقية الأرقام . وفي حالة الخرائط الكبيرة المقياس (الأكثر تفاصيلاً) ، يجب أن يشمل المقياس الخطي وحدة قياس إضافية تسبق صفر الترقيم (أي تكون على يساره) ، وتقسم هذه الوحدة الاضافية إلى تقسيمات أصغر أو ثانوية لكي تمكن قارىء الخريطة من قياس المسافات بشكل دقيق ويوضح (شكل ٢٢) أشكالاً مختلفة لرسم المقياس الخطي على الخرائط كما يبين أيضا الطريقة الصحيحة لقياس المسافات على هذا المقياس باستخدام المقسم أو

البرجار



(شكل ٢٢) أشكال مختلفة من مقياس الرسم الخطي.

أما في حالة الخرائط الصغيرة المقياس ، فلا يستدعي الأمر رسم وحدة اضافية قبل صفر الترقيم ، لأنها غير مفيدة من الناحية العملية نظراً لصغر مقياس الرسم . بل كثيراً ما يرسم المقياس الخطي في مثل هذه الأحوال كخط صغير يشمل وحدة قياس واحدة (كيلومتر مثلا) ، أو يشمل خمس واحدات (٥ كم مثلا) أو عشرة دون تقسيم الخط الكلي إلى هذه الوحدات . ويعرف هذا النوع من المقاييس الخطية بالمقاييس الخطية القصيرة Short Line-scales .

واستخدام هذا النوع من المقاييس الخطية هو لمجرد البيان والدلالة أكثر منه للقياس الدقيق على الخرائط . فهو يعطينا فكرة عامة عن المسافات الحقيقية المتضمنة ، وقد نستخدمه مصادفة للقيس بالعين العادية .

والواقع أن المقياس الخطي الدقيق أكثر فائدة لقارىء الخريطة من أنواع المقاييس الأخرى ، وذلك لسببين : أولهما أنه يسهل قياس المسافات من الخريطة إلى الطبيعة (الأرض) مباشرة ؛ والسبب الثاني هو أنه في حالة تكبير أو تصغير الخريطة فوتوغرافيا فلن يتأثر المقياس الخطي المرسوم على الخريطة الأصلية ، لأن خط المقياس سيكبر أو يصغر « أوتوماتيكيا » مع أطوال الخريطة. لكل هذا . ينبغي أن نزود خرائطنا دائما بمقياس خطي مناسب . ولهذا السبب كثيرا ما نحتاج إلى بعض العمليات الحسابية لتحويل المقاييس الأخرى إلى مقياس خطي لكي نرسمه على الخريطة ، وبالتالي يجب أن نلم بعملية تحويل المقاييس إلى أنواعها المختلفة ــ وهذا ما سوف ننتقل إليه الآن .

تحويل مقياس الرسم

إذا عرفنا مقياس الرسم بأي نوع من الأنواع الثلاثة التي ذكرناها ، فمن الممكن تحويله إلى النوعين الآخرين دون صعوبة كبيرة . والمقياس الخطي هو أنسب وسيلة لقياس الأطوال على الخريطة . ولهذا تتمثل معظم المشاكل في انشاء المقياس الخطي عندما يكون مقياس الرسم المعطى لنا في أي من الصورتين الأخريين . ولكي نجعل الخريطة أكثر فائدة ، يحسن أن نزودها أيضا بمقياس الكسر البياني . وعلى العموم ، هناك مجموعتان من مشاكل تحويل مقاييس الرسم :

المجموعة الأولى ، تشمل تحويل المقياس الكتابي المباشر إلى مقياس الكسر البياني ، أو العكس .

المجموعة الثانية ، تشمل تحويل المقياس الكتابي ، أو مقياس الكسر البياني إلى المقياس الخطي لكي يرسم على الخريطة .

وقبل أن نقوم بإجراء أي عملية تحويل ، يجب أن نحفظ الحقيقتين الأساسيتين التاليتين ، لضرورة الحاجة إليهما في عمليات التحويل ، وهما :

ا ــ الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سنتيمتر (سم) .

ب ــ الميل = ٦٣,٣٦٠ بوصة .

١ ــ تحويل المقياس الكتابي إلى مقياس الكسر البياني :

المطلوب في هذه الحالة هو تحويل طرفي المقياس الكتابي إلى نفس وحدة القياس ، ثم نكتب الناتج في صورة كسر مقامه واحد صحيح (وحدة قياس) .

مثال (١) : حوّل المقياس الكتابي [١سم لكل ٤ كم] إلى مقياس الكسر البياني .

الحل : بما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم

∴ ١سم في هذا المقياس يمثل٤×١٠٠,٠٠٠= ٤٠٠.٠٠٠ سم على الطبيعة

أي ١ سم : ٤٠٠,٠٠٠ سم .

∴ مقياس الكسر البياني هو ١ / ٤٠٠,٠٠٠ .

(لاحظ أن رمز وحدة القياس لا تكتب اطلاقا في مقياس الكسر البياني) .

مثال (٢) : حوّل المقياس [٦ بوصة لكل ميل] إلى مقياس الكسر البياني .

الحل : بما أن الميل = ٦٣٣٦٠ بوصة .

∴ ٦ بوصة في هذا المقياس تمثل ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة .

∴ ١ بوصة تمثل $\frac{٦٣٣٦٠}{٦}$ = ١٠,٥٦٠ بوصة

أي ١ بوصة : ١٠,٥٦٠ بوصة .

∴ مقياس الكسر البياني هو ١/١٠,٥٦٠ .

تمارين : حوّل المقاييس الكتابية التالية إلى كسور بيانية :

سنتيمتر لكل كيلومتر .

٤ سم لكل كيلومتر .

سنتيمتر لكل ٥ كيلومتر .

سنتيمتر لكل ٥٠٠ متر .

بوصة لكل ميل .

بوصة لكل ٦ ميل .

٢ – تحويل مقياس الكسر البياني إلى المقياس الكتابي :

مثال (١) : حوّل المقياس ١/٥٠٠ ٠٠٠ إلى مقياس كتابي يقيس بالكيلومتر .

الحل : في هذا المقياس ١سم يمثل ٥٠٠,٠٠٠ سم

وبما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم .

∴ ١ سم يمثل $\frac{٥٠٠ ٠٠٠}{١٠٠ ٠٠٠}$ = ٥ كيلومتر

المقياس الكتابي هو [سنتيمتر لكل ٥ كم] .

مثال (٢) : حوّل المقياس ١/٢٥,٠٠٠ إلى مقياس كتابي يقيس بالكيلومتر .

الحل : في هذا المقياس ١ سم يمثل ٢٥,٠٠٠ سم

وبما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم

∴ ١ سم يمثل $\frac{٢٥٠٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = $\frac{١}{٤}$ كيلومتر أو ٢٥٠ متر .

∴ المقياس الكتابي هو [سنتيمتر لكل ٢٥٠ متر]

أو [٤ سنتيمتر لكل كيلومتر]

مثال (٣) : حوّل المقياس ١٢٦,٧٢٠/١ إلى مقياس كتابي يقيس بالميل

في هذا المقياس ١ بوصة تمثل ١٢٦,٧٢٠ بوصة .

وبما أن الميل = ٦٣٣٦٠ بوصة .

∴ ١ بوصة تمثل $\frac{١٢٦٧٢٠}{٦٣٣٦٠}$ = ٢ ميل

∴ المقياس الكتابي هو [بوصة لكل ٢ ميل] .

تمارين : حول المقاييس العددية التالية إلى مقاييس كتابية تقيس بالكيلومتر :

١/٨,٠٠٠,٠٠٠

١/١,٠٠٠,٠٠٠

١/٢٥٠,٠٠٠.

١/١٠,٠٠٠

(٣) تحويل مقياس الكسر البياني (العددي) إلى المقياس الخطي :

هذه هي أهم التحويلات في مقاييس الرسم ، نظراً لحاجة كل خريطة إلى مقياس خطي مناسب . وحينما يُطلب منا أن نحول مقياس الكسر البياني إلى المقياس الخطي ، فينبغي أن نرسم هذا المقيـــاس الخطي بحيث يقيس بالكيلومترات (إلاّ اذا طلب النظام الميلي بالتحديد) ، ذلك لأن النظام المتري

– كما ذكرنا – منطقي للعقل وسهل القياس نظراً لتضمنه أرقاماً دائرية يسهل حسابها . وفيما يلي بعض الأمثلة :

مثال (١) : لدينا خريطة مقياس رسمها ١/١,٠٠٠,٠٠٠ . والمطلوب تحويل هذا المقياس إلى مقياس خطي يقيس بالكيلومترات ، ثم رسمه على نفس الخريطة .

الحل : تبعاً لهذا المقياس ؛

١ سم على الخريطة يمثل ١,٠٠٠.٠٠٠ سم على الطبيعة .

وبما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم

∴ ١ سم على هذه الخريطة = ١٠ كيلومتر على الطبيعة

وبذلك يمكن رسم خط مناسب ، طوله مثلاً ١٠ سم ، ونقسمه إلى سنتيمترات يمثل كل منها ١٠ كيلومتر . ويمكن أيضا إضافة وحدة أخرى على يسار صفر الترقيم ، ونقسمها إلى أقسام ثانوية (قد تكون عشرة أقسام يمثل كل منها كيلومتر ، أو خمسة أقسام يمثل كل منها ٢ كم) .

هذا مثال سهل في الواقع ، وليست كل عمليات تحويل المقاييس الخطية على هذا النحو ، إذ يتطلب بعضها مزيداً من الحسابات حتى ننتج مقياسا خطيا دقيقاً ويقيس بأرقام دائرية من الكيلومترات . وهذا ما نراه في المثال التالي

مثال (٢) : حوّل المقياس ١/ ٣٥٠,٠٠٠ إلى مقياس خطي يقيس بالكيلومترات .

الحل : تبعا لهذا المقياس ،

١ سم على الخريطة يمثل ٣٥٠,٠٠٠ سم على الطبيعة

وبما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم

∴ ١ سم على هذه الخريطة = ٣,٥ كيلومتر (١)

وبفرض أن (س) سم على هذه الخريطة = ٥٠ كيلومتر

$$\therefore \text{(س) على هذه الخريطة} = \frac{٥٠ \times ١}{٣,٥} = \frac{٢}{٧}\ ١٤ \text{ سم}$$

وبهذا يمكن رسم خط طوله $\frac{٢}{٧}$١٤ سم لكي يمثل ٥٠ كيلومتراً على الطبيعة — تبعاً لهذا المقياس . وبعد ذلك نقسّم طول هذا الخط إلى خمسة أقسام متساوية حيث يمثل كل قسم منها ١٠ كم (أو تقسيمه إلى عشرة أقسام يمثل كل منها ٥ كم) — مع إضافة وحدة للأقسام الثانوية على يسار صفر الترقيم .

ولكن كيف يتسنى لنا رسم خط طوله $\frac{٢}{٧}$١٤ سم ، ثم تقسيمه بعد ذلك إلى خمسة أقسام متساوية ؟ هنا لا بد أن نستعين بطريقة « الخط المساعد » وهي طريقة سهلة وتستخدم لتقسيم أي خط إلى عدد من الأقسام المتساوية . ولنفرض أن لدينا الخط (ا ب) — في (شكل ٢٣) — ونريد مثلاً أن نقسمه إلى عشر أقسام متساوية ، فنبدأ برسم خط مساعد (ا حـ) بأي زاوية حادة مناسبة من نقطة (ا) ، بحيث يكون طول هذا الخط المساعد مُقارباً لطول الخط الأصلي المراد تقسيمه . ثم نقيس على الخط المساعد عشرة وحدات معروفة ولتكن هذه الوحدات بالسنتيمتر أو نصف السنتيمتر أو البوصة أو أي وحدة ثابتة تناسب طول الخط . ثم نرسم خطاً من نقطة (ب) إلى نهاية القسم العاشر على الخط المساعد ، وهو في هذا الشكل الخط (ب د) ، ثم نرسم خطوطاً موازية له عند نقط التقسيم على الخط المساعد . وسنرى في

---

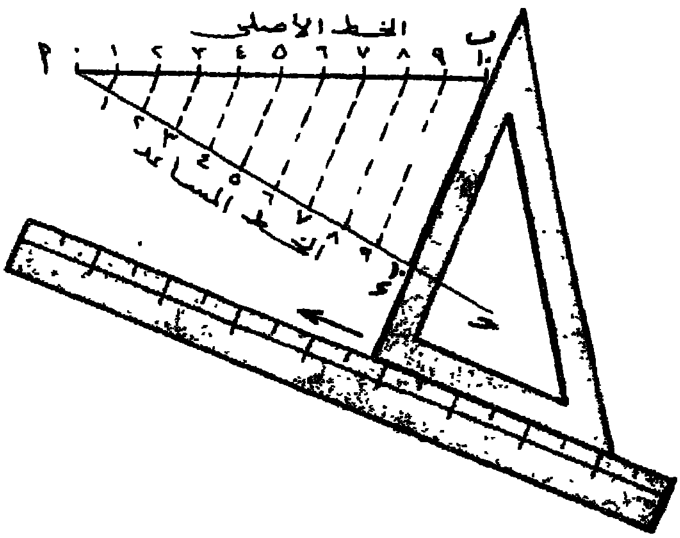
(١) نلاحظ عند هذه الخطوة أن السنتيمتر في المقياس الخطي لا يمثل رقماً دائرياً من الكيلومتر ، بل ويشمل كسوراً من الكيلومتر أيضا . لذلك فرضنا أن لدينا خطاً طويلا يمثل في جملته ٥٠ كيلومترا مثلا (يمكن اختيار أي عدد دائري آخر) ، والمهم أن نعرف طول هذا الخط ثم ذلك في الخطوة التالية بطريقة "التناسب الحسابي" .

النهاية أن هذه الخطوط المتوازيه تقسم الخط الأصلي (ب) إلى عشر أقسام متساوية ولا بد بالطبع أن ستعين في رسم الخطوط المتوازية بمثلث ومسطرة — كما في (شكل ٢٣) وباستخدام هذه الطريقة يمكن تقسيم الخط الأصلي إلى أي عدد آخر من الأقسام المتساوية أربعة أو خمسة أو سبعة أقسام مثلا حتى السنتيمتر يمكن تقسيمه إلى سبعة أقسام لكي نقيس منها قسمين يمثلان (٧/٢) سنتيمتر — كما في حالة المثال السابق — وإن كان يمكن اعتبار ٧/٢ سم تساوي تقريبا ٠,٣ سم .

وبهذا يمكن رسم خط المقياس الخطي السابق بطول ١٤,٣ سم ، ثم نقسم هذا الخط إلى خمسة أقسام متساوية بطريقة الخط المساعد التي ذكرناها

مثال (٣) : حوّل المقياس ١/ ١٠٠٠٠٠ إلى مقياس خطي يقيس بالأميال

الحل : تبعاً لهذا المقياس .



(شكل ٢٣) طريقة تقسيم أي خط مستقيم إلى أجزاء متساوية . وذلك بإستخدام الخط المساعد .

١ بوصة على الخريطة تمثل ١٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة .

وبما أن الميل = ٦٣,٣٦٠ بوصة

$$\therefore \text{١ بوصة على هذه الخريطة تمثل } \frac{١٠٠\,٠٠٠}{٦٣٣٦٠} = ١,٥٨ \text{ ميل على الطبيعة}$$

وبما أن ١ بوصة = ١,٥٨ ميل

∴ (س) بوصة = ٥ ميل

$$\therefore (\text{س}) = \frac{٥ \times ١ \times ١٠٠}{١٥٨} = ٣,١٦ \text{ بوصة}$$

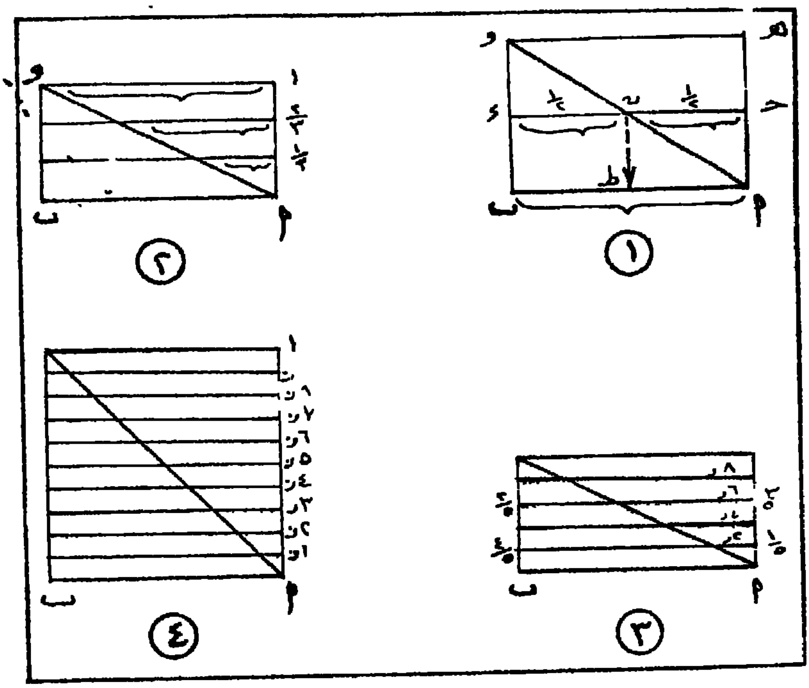
وهكذا نرسم خطاً طوله ٣,١٦ بوصة ، ثم نقسمه إلى خمسة أقسام متساوية (باستخدام طريقة الخط المساعد) ليمثل كل قسم منها ميلاً واحداً — وسوف يكون طول كل قسم في هذا المقياس ٠,٦٣ من البوصة وهذا بالطبع يمثل ميلاً واحداً .

ولكن مرة أخرى سوف نواجه من البداية بمشكلة قياس أجزاء مئوية من البوصة ، إذ كيف سنرسم خطاً طوله ٣,١٦ بوصة ؟ كيف نقيس هذه الـ ٠,١٦ من البوصة ؟ وحتى إذا أردنا أن نرسم خط كل ميل على حده ، فسوف نجد طوله = ٠.٦٣ من البوصة . المشكلة إذن قائمة على أية حال ، ولا بد من طريقة نقيس بها الأجزاء المئوية من البوصة . وحل هذه المشكلة القياسية يكمن فيما يسمى بالمقياس الشبكي .

المقياس الشبكي : Diagonal scale

المقياس الشبكي عبارة عن مقياس مركب يمكن قياس أي كسور عشرية ومئوية عليه . سواء للسنتيمتر أو للبوصة — بمعنى أننا نستطيع مثلا على هذا المقياس أن نقيس من ٠,٠١ إلى ٠,٩٩ من البوصة .

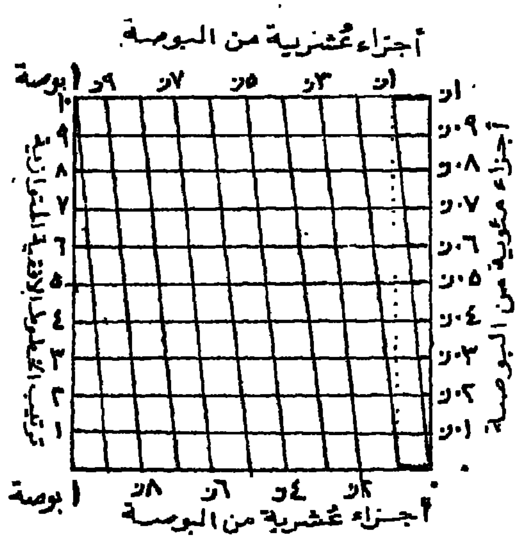
وتعتمد فكرة هذا المقياس على حقيقة هندسية بسيطة مؤداها أنه لتقسيم أي خط إلى قسمين متساويين ، وليكن الخط (ا ب) في الرسم البياني الأول من (شكل ٢٤) ، نرسم على هذا الخط العمودين (ﻫ ا ، و ب) ، ثم نرسم خطين موازيين (ﺣ د ، ﻫ و) لخط الأصلي وعلى مسافات متساوية على العمودين . وحين نرسم القطر (و ا) فسوف ينصف الخط الأوسط (ﺣ د) في نقطة (ن) ، ويقسمه إلى قسمين متساويين – وبالتالي فإن نصف الخط الأوسط (ﺣ د) يمثل في نفس الوقت نصف الخط الأصلي (ا ب) . ويمكن اثبات ذلك باسقاط العمود (ن ط) من نقطة (ن) الذي سينصف الخط (ا ب) ويقسمه إلى قسمين متساويين



(شكل ٢٤) نظرية إستخدام القطر في تقسيم الخط المستقيم ، وتطبيقها في المقياس الشبكي

وبالمثل ، إذا رسمنا ثلاثة خطوط موازية للخط الأصلي (ا ب) وعلى مسافات متساوية ، فإن القطر (. و ا) سوف يقسم الخط الأصلي إلى ثلاثة أقسام متساوية (أنظر الرسم البياني الثاني في شكل ٢٣) . وإذا رسمنا عشر خطوط موازية وعلى مسافات متساوية ، فسوف يقسم القطر الخط الأصلي إلى عشر أقسام متساوية (الرسم البياني الرابع) . وهذه هي الأقسام العشر التي اعتمدت عليها فكرة المقياس الشبكي .

ولنحاول الآن أن نشرح طريقة انشاء المقياس الشبكي للبوصة ، وذلك على (شكل ٢٥) الذي رسمناه بضعف طول البوصة حتى تتضح التفاصيل . فبدأنا أولا برسم الخط الأساسي (الأسفل) بطول بوصة واحدة ، ثم أقمنا عمودين على الجانبين ، ثم رسمنا عشرة خطوط موازية للخط الأساسي وعلى مسافات متساوية . بعد ذلك قسّمنا خط البوصة في أسفل الشكل وفي أعلاه إلى عشر أقسام متساوية بطريقة الخط المساعد التي أشرنا إليها من قبل ؛ وبالتالي فكل



(شكل ٢٥) نموذج مُكبّر يوضح تقسيم المقياس الشبكي للبوصة (ضعف البوصة) .

قسم من هذه الأقسام يمثل ٠,١ من البوصة ــ سواء في الخط الأسفل أو الأعلى ، ولنتذكر ذلك جيداً ، لأننا الآن قد وصلنا إلى التقسيم العشري للبوصة .

وفي الخطوة التالية ــ وهي جوهر المقياس الشبكي ــ قمنا برسم عشرة خطوط متوازية تقطع الخطوط الأفقية ، بحيث تبدأ من بدايات الأجزاء العشرية من ناحية ، وتنتهي عند نهايات نفس الأجزاء العشرية من الناحية الأخرى . وبذلك يتكون المقياس الشبكي . الذي تتمثل خصائصه فيما يلي :

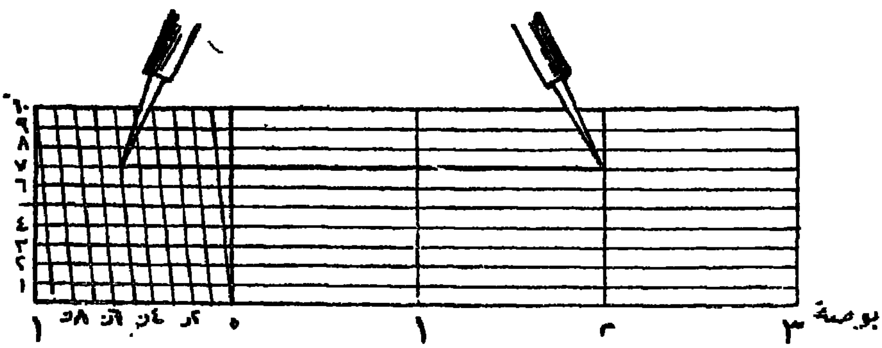
١ ــ الخط الأول الذي يبدأ من بداية القسم العُشري الأول من البوصة في أسفل الشكل ، وينتهي عند نهاية نفس القسم العُشري في أعلى الشكل ، ويقطع في نفس الوقت الخطوط الأفقية المتوازية ، هذا الخط هو في الواقع عبارة عن قُطر يقسم عُشر (بضم العين) البوصة نفسه إلى عَشرة أجزاء متساوية ــ وذلك على طول الخطوط الأفقية العشرة التي يقطعها (تذكر الشكل السابق) . وبالتالي يمثل الخط الأفقي الأول عُشر العُشر ($\frac{1}{10}$ أل $\frac{1}{10}$) من البوصة ــ أي ٠,٠١ من البوصة . ويمثل الخط الأفقي الثاني ٠,٠٢ من البوصة ، وهكذا حتى الخط الأفقي التاسع الذي يمثل ٠,٠٩ من البوصة ، أما الخط العاشر فيمثل من الأساس ٠,١ من البوصة ــ شأنه في ذلك شأن الأقسام العشرية الأخرى التي ينقسم إليها الخط الأعلى أو الخط الأسفل .

إذن نحن متفقون من الآن على أنه لو كان لدينا قسم مئوي من البوصة ، لا بد أن نقيسه على طول الخطوط الأفقية التي يقطعها الخط الأول من اليمين (وهو القطر) . فلو أردنا قياس ٠,٥٧ من البوصة مثلا ، نبدأ أولا بالرقم ٧ لأنه الجزء المئوي من البوصة ، وذلك بالبحث عن الخط الأفقي السابع ، ثم نحسب بعد ذلك خمسة أقسام عشرية من البوصة إلى اليسار من رقم ٧ مباشرة .

٢ ــ التقسيمات الواقعة على يسار التقسيمات المئوية ، هي في الواقع تقسيمات عشرية من البوصة ، لأنها محددة بخطوط متوازية ، تصل بين أقسام عشرية من البوصة على طول الخط الأسفل والخط الأعلى من الشكل

ولهذا ذكرنا منذ برهة أن نحسب خمسة أقسام عشرية على يسار الخط السابع في التقسيم المئوي ، حتى نحدد قياس خط طوله ٠,٥٧ من البوصة .

وبالمثل ، لقياس خط طوله مثلاً ٠,٨٤ من البوصة ، نبحث أولاً عن الخط الرابع في التقسيم المئوي (في يمين الشكل) ، ثم نحسب إلى اليسار منه مباشرة ثمانية أقسام عشرية ، وبالتالي يتحدد أمامنا الخط الذي يبلغ طوله ٠,٨٤ من البوصة . ويحسن أن تتم كل هذه التحديدات بالمقسم أو الفرجار ، حتى نضمن دقة القياس .



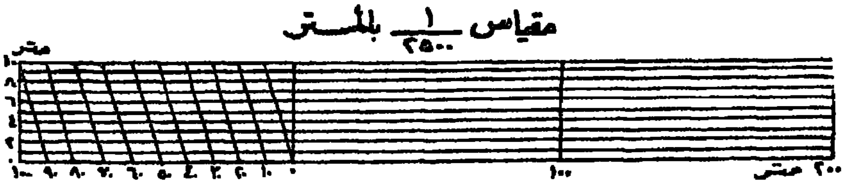
(شكل ٢٦) مقياس شبكي للبوصة (يقيس إبتداء من $\frac{1}{100}$ من البوصة) .

ويمثل (شكل ٢٦) نموذجا لمقياس البوصة الشبكي ، وقد قسنا عليه بواسطة المقسم خطاً طوله ٢,٥٧ بوصة . والواقع أن للمقياس الشبكي عدة فوائد يتمثل أهمها فيما يلي :

١ ــ يمكن أن نعرف منه الأجزاء المئوية لأية وحدة قياس كالسنتيمتر أو البوصة ، ويفيدنا هذا في قياس أي خط لدينا يتضمن كسوراً مئوية ، مثل طول الخط الذي ذكرناه في المثال السابق ، وهو ٣,١٦ بوصة .

٢ ــ عرفنا أنه لا يمكن تقسيم المقياس الخطي العادي إلا إلى أقسام أساسية وأقسام ثانوية قد يصل تقسيمها إلى عشرة أجزاء فقط من الوحدة الأساسية .

ولكن بتحويل هذا المقياس الخطي العادي إلى مقياس شبكي يمكن أن نقرأ عليه الأقسام المئوية للوحدة الأساسية في المقياس ، وبذلك نستطيع مثلا أن نعرف طول طريق أو أي مسافة بين نقطتين بشكل دقيق . ولهذا السبب كثيراً ما يُرسم المقياس الشبكي — بدلاً من المقياس الخطي — على الخرائط التفصيلية الكبيرة المقياس حتى يساعد على دقة القياس في الخريطة ؛ ومن أمثلة ذلك المقياس الشبكي الذي يوضحه (شكل ٢٧) ، وهو مرسوم على كل لوحة من لوحات خرائط الريف المصرية (فك الزمام) بمقياس ١/٢٥٠٠ ، ونستطيع على هذا المقياس أن نقيس ابتداءً من المتر الواحد — على هذه الخرائط التفصيلية .



(شكل ٢٧) مقياس شبكي مرسوم على لوحات خرائط الريف المصرية بمقياس ١/٢٥٠٠ . وهو يقيس إبتداءً من المتر الواحد (النموذج مُصغر قليلاً) .

المقياس المقارن : Comparative scale

المقياس المقارن عبارة عن مقاييس خطية عادية ترسم على نفس الخريطة ، بحيث يقسم إحداها إلى وحدات كيلومترية ، ويقسم آخر إلى وحدات ميلية ، ويمكن أن يضاف إليها أيضا مقياس خطي ثالث يقسم إلى وحدات الميل البحري والغرض من هذا المقياس هو قياس المسافات على الخريطة بكل وحدة من هذه الوحدات القياسية ، ثم مقارنتها ببعضها البعض .

وكان قد شاع استخدام المقاييس المقارنة أثناء الحرب العالمية الأولى وبعدها ، وذلك عندما اضطرت جيوش دولة معينة إلى الخدمة في دول أخرى تستخدم وحدة قياس مختلفة لم تتعود عليها هذه الجيوش في بلادها مثلاً

عندما خدمت القوات البريطانية والأمريكية في فرنسا التي تستخدم النظام المتري . ولكي يسهلوا مهمة مثل هذه القوات ، فقد زودوهم بخرائطِ عليها مقاييس مقارنة ــ بالكيلومتر والميل .

وعندما نرسم مقياساً مقارنا ، يجب أن تُرسم المقاييس الخطية تحت بعضها ، بشرط أن تكون أصفار البداية على خط طولي واحد (أي متفقة البداية) في كل المقاييس الخطية ــ كما يظهر هذا واضحاً في أسفل (شكل ٢٢) ، وفي (شكل ٢٨) .

مثال : حوّل مقياس الكسر البياني ١/١,٠٠٠,٠٠٠ إلى مقياس مقارن ، بحيث يقرأ لكل ١٠ من وحدات الكيلومتر والميل والميل البحري .

الحل : بالنسبة للكيومتر ؛ فهذا المقياس يعني أن :

١ سم على الخريطة يمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ سم على الطبيعة .

∴ ١ سم يمثل ١٠ كيلومتر (لأن كم = ١٠٠,٠٠٠ سم)

وبذلك يمكن رسم خط ويقسم إلى سنتيمترات يمثل كل منها ١٠ كم .

وبالنسبة للميل العادي (القانوني) ؛ فهذا المقياس يعني أن :

١ بوصة على نفس الخريطة تمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة .

∴ ١ بوصة تمثل ١٥,٧٨ ميل (لأن الميل = ٦٣٣٦٠ بوصة)

وبفرض أن (س) بوصة = ١٠ ميل

$$\therefore (\text{س}) = \frac{١ \times ١٠}{١٥,٧٨} = ٠,٦٣ \text{ بوصة}$$

وبذلك يمكن رسم خط أسفل الخط السابق ، ونقسمه إلى وحدات طول كل منها ٠,٦٣ من البوصة لكي تمثل كل وحدة منها ١٠ ميل .

وبالنسبة للميل البحري [1] ؛ فهذا المقياس يعني أن :

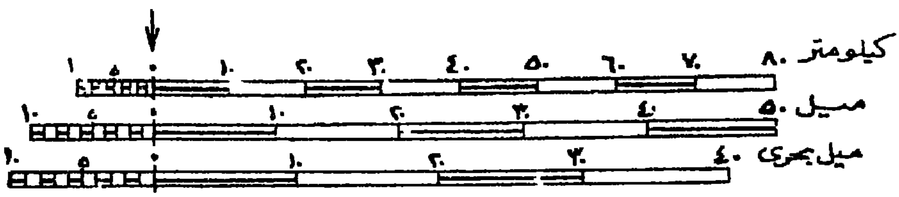
١ بوصة على نفس الخريطة تمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة

∴ ١ بوصة تمثل ١٣,٧ ميل بحري (لأن الميل البحري = ٧٢٩٦٠ بوصة)

وبفرض أن (س) بوصة = ١٠ ميل بحري

$$(س) = \frac{١٠ \times ١}{١٣,٧} = ٠,٧٣ \text{ بوصة}$$

وبذلك يمكن رسم خط أسفل الخطين السابقين ، ونقسمه إلى وحدات طول كل منها ٠,٧٣ من البوصة لكي تمثل كل وحدة منها ١٠ ميل بحري — كما في (شكل ٢٨) .



(شكل ٢٨) نموذج للمقياس المقارن ، يقيس على نفس الخريطة بوحدات الكيلومتر والميل والميل البحري .

معرفة مقياس رسم خريطة ليس عليها مقياس :

قد نجد أحيانا خريطة لا تحمل أي مقياس رسم ، وهذا من أهم مظاهر الضعف في الخريطة المرسومة ، ولكنه يحدث على كل حال وقد تكون هذه الخريطة مهمة بالنسبة لنا ونريد أن نعرف مقياس رسمها وهناك في هذا المجال طريقتان لمعرفة مقياس رسم أي خريطة

---

[1] الميل البحري = ١,١٥ ميل والميل البحري = ٧٢٩٦٠ بوصة

(١) الاستعانة بطول الدرجة العرضية : عرفنا في فصل سابق أن طول الدرجة العرضية على سطح الأرض ثابت تقريبا ، ويساوي ١١١ كيلومتر في المتوسط (أو ٦٩ ميل) . فإذا كانت خطوط العرض مرسومة على الخريطة التي نريد معرفة مقياس رسمها . فقد سهلت المسألة ؛ لأنه بقياس طول الدرجة العرضية على الخريطة بالسنتيمتر ، يمكن معرفة مقياس الرسم . ولنفرض أننا قسنا طول هذه الدرجة العرضية (ويجب أن يكون القياس في منتصف الخريطة أو على طول خط طولها الذي ينصفها) ، ووجدناه يساوي ٢٫٣ سم ، نتبع الخطوات التالية (مع ملاحظة أن طول الدرجة العرضية = ١١١ كم دائما) :

٢٫٣ سم على هذه الخريطة = ١١١ كم على الطبيعة

وبفرض أن (س) سم على هذه الخريطة = ٥٠٠ كم

$$\therefore \text{(س)} = \frac{٥٠٠ \times ٢٣}{١٠ \times ١١١} = ١٠٫٣٦ \text{ سم}$$

وبهذا يمكن رسم خط طوله ١٠٫٣٦ سم على هذه الخريطة لكي يمثل ٥٠٠ كم على الطبيعة ، وبطريقة الخط المساعد يمكن تقسيم هذا الخط إلى خمسة أقسام متساوية لكي يمثل كل منها ١٠٠ كم (أو إلى عشر أقسام ليمثل كل منها ٥٠ كم — فهذه التقسيمات الداخلية متروكة لذوق الرسام وما يناسب الخريطة وطول الخط نفسه) .

ويجب أن نلاحظ هنا مسألة في غاية الأهمية ، وهي أن خطوط العرض في مثل هذه الخريطة قد تكون مرسومة لكل درجتين من درجات العرض ، أو لكل ٤ أو ٥ أو ١٠ درجات . وهنا ينبغي الحذر عندما نقيس المسافة بين خطين قد يحصران فيما بينهما ٢ درجة عرضية ، ففي هذه الحالة نقول : بقياس المسافة بين خطي العرض وُجد أنها تساوي ٣ سم (مثلا) ؛

$$\therefore \text{ ٣ سم على هذه الخريطة} = ١١١ \times ٢ = ٢٢٢ \text{ كيلومتر}$$

ونستمر في اتباع باقي الخطوات التي أشرنا إليها في المثال السابق .

أما إذا كانت هذه الـ ٣ سم بين خطين يمثلان خمس درجات عرضية ، فنقول :

∴ ٣ سم على هذه الخريطة =١١١ × ٥ =٥٥٥ كيلومتر (وهكذا ...) .

(٢) الاستعانة بخريطة مماثلة معروف مقياس رسمها : وهذه طريقة أخرى نضطر إلى استخدامها في حالة وجود خريطة ليس عليها مقياس رسم ، كما أنه لا يوجد عليها أي خطوط عرض ، ولنسمي هذه الخريطة « الخريطة الأولى »

في مثل هذه الحالة نستعين بخريطة ثانية تماثل الخريطة الأولى من حيث موضوع الرسم ، وقد تكون أكبر أو أصغر مقياساً من الخريطة الأولى . فمثلا إذا كانت الخريطة الأولى للدلتا المصرية ، فيجب أن تكون الخريطة الثانية للدلتا المصرية أيضا — وإن اختلف مقياسها . ثم نتبع الخطوات التالية :

ا — نحدد على الخريطة الثانية (المعروف مقياسها) أي نقطتين واضحتين ، مثلا مدينتين أو أي علامتين مميزتين ، بحيث تكونا في منتصف الخريطة أو أقرب ما يكون لهذا المنتصف . ثم نقيس المسافة بين هاتين النقطتين بالسنتيمتر ولنفرض أن هذه المسافة = ٤ سم . ننتقل بعد ذلك إلى المقياس الخطي في أسفل هذه الخريطة لكي نعرف كم تمثل هذه الأربعة سنتيمترات على الطبيعة بالكيلومترات ، ولنفرض أنها تمثل على هذا المقياس ٦,٢٥ كيلومتر .

ب — الواقع أن هذه الـ ٦,٢٥ كيلومتر هي نفس البُعد بين نفس النقطتين على الخريطة الأولى غير المعروف مقياس رسمها (لأن المسافة على الأرض ثابتة مهما اختلف مقياس رسم الخرائط) . وكل ما علينا بعد ذلك هو أن نحدد بالمثل موقع هاتين النقطتين على الخريطة الأولى ، ونقيس المسافة بينهما بالسنتيمتر ، ولتكن هذه المسافة = ٢,٥ سم . ففي هذه الحالة نقول :

٢,٥ سم على الخريطة الأولى تمثل ٦,٢٥ كيلومترا على الطبيعة .

∴ (س) سم على الخريطة الأولى تمثل ٥٠ كيلومترا .

$$\therefore (س) = \frac{٥٠ \times ٢,٥}{٦,٢٥} = ٢٠ \text{ سم}$$

وبهذا يمكن رسم خط على الخريطة الأولى طوله ٢٠ سم لكي يمثل ٥٠ كيلومترا ، ويمكن بعد ذلك أن نقسم هذا الخط إلى أي عدد من الأقسام المتساوية — مثلا نقسمه إلى خمس أجزاء متساوية ليمثل كل منها ١٠ كيلومتر .

وهناك حل آخر نستخدمه حين نريد معرفة هذا المقياس بالكسر البياني ، وهو :

بما أن ٢,٥ سم على الخريطة الأولى تمثل ٦,٢٥ كيلومتر على الطبيعة .

∴ ٢,٥ سم تمثل ٦٢٥ ٠٠٠ سم (الكيلومتر = ١٠٠ ٠٠٠ سم)

∴ ١ سم يمثل ٢٥٠ ٠٠٠ سم

مقياس رسم هذه الخريطة ١/ ٢٥٠,٠٠٠

تصنيف الخرائط حسب مقياس الرسم :

من الصعب في الواقع أن نقوم بتصنيف دقيق لأنواع واستخدامات الخرائط الهائلة العدد . وهناك جهود كثيرة بذلت لتصنيف الخرائط ؛ أكثرها دلالة في الحقيقة هو ذلك التصنيف الذي يقوم على أساس القيمة النفعية للخرائط : مثل الخرائط الطبوغرافية التي تفيد في كثير من الأغراض العامة ، والخرائط الملاحية ، والخرائط التاريخية ، والخرائط الاقتصادية ، والخرائط السكانية وهكذا . على أنه يمكن استخدام « مقياس الرسم » كأساس مهم في تصنيف الخرائط التي نتداولها . وعلى هذا الأساس . تنقسم الخرائط إلى ما يلي :

١ — الخرائط العالمية Global or World Maps : وتسمى هذه الخرائط أيضا بالخرائط المليونية ، لأن مقياس رسمها صغير عادة ، ويبدأ من مقياس

١/ مليون فأصغر – مثل ١/ ٢,٠٠٠,٠٠٠ أو ١/٥ مليون وهكذا . وتشمل هذه الفئة من الخرائط : خرائط الأطالس العامة وخرائط الحائط للفصول المدرسية مثل خريطة الدنيا أو خريطة قارة إفريقيا ... إلخ . وتوضح مثل هذه الخرائط الصورة العامة لسطح الأرض وشكل القارات والحدود السياسية للدول ومواقع المدن والموانىء الهامة . وتظهر المدن والأنهار والحدود بشكل رمزي مثل الدوائر والخطوط السميكة والخطوط المتقطعة .

٢ – الخرائط الطبوغرافية Topographical Maps : اشتق مصطلح « طبوغرافيا » من الكلمتين اليونانيتين topos ومعناهما « مكان » ، و graphia ومعناها « طريقة رسم أو وصف » . ومن ثم تعني كلمة طبوغرافيا : الوصف أو الرسم التفصيلي للمكان – سواء أكان هذا المكان مدينة أو أي جزء صغير من سطح الأرض . والخريطة الطبوغرافية بهذا المعنى عبارة عن خريطة بمقياس رسم كبير نوعاً تصور منطقة صغيرة أو محدودة من سطح الأرض ، بحيث يسمح مقياس رسمها الكبير بتصوير الظاهرات الطبيعية والبشرية بمقياسها الصحيح . وتشمل هذه الظاهرات : خطوط الكنتور والمستنقعات والغابات ، ثم المدن والقرى بأشكالها الحقيقية (وليس بشكل رمزي كالدائرة أو المربع) ، كما تشمل أيضا نظم التصريف من أنهار وترع ومصارف وأنواع الطرق المختلفة . والخرائط الطبوغرافية ليست معممة كخرائط الأطالس صغيرة المقياس ، وإنما تعتمد على عمليات المساحة الدقيقة ، والتي أشرنا إليها في الفصل الثاني .

وتبدأ مقاييس الخرائط الطبوغرافية عادة من مقياس ١/٨٠,٠٠٠ ثم أكبر من ذلك حتى مقياس ١/ ٢٠,٠٠٠ – مع اعتبار ١/٥٠,٠٠٠ المقياس الأمثل للخرائط الطبوغرافية . وتصدر بريطانيا خرائط طبوغرافية بمقياس ١/٦٣,٣٦٠ أي بوصة لكل ميل ، كما تستخدم مقاييس أخرى مثل ١/٢٥,٠٠٠ (وذلك منذ سنة ١٩٤٥ ، وهو المقياس الذي تستخدمه دول القارة الأوربية مثل ألمانيا وهولنده إيطاليا وسويسرا وبعض دول شرقي أوربا . كما تستخدم

مصلحة المساحة المصرية عدة مقاييس لخرائطها الطبوغرافية ، وأهمها مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ (أي سنتيمتر لكل كيلومتر ، ويكون مجموع لوحات هذه الخرائط ما يعرف باسم : أطلس مصر الطبوغرافي) ، ثم مقياس ١/٥٠,٠٠٠ ، وهو يمثل اللوحات الطبوغرافية الحديثة في مصر ، وكذلك مقياس ١/٢٥,٠٠٠ .

ومن الجدير بالذكر أن الخرائط الطبوغرافية أنشئت أساسا في دول العالم المختلفة من أجل الأغراض الحربية ، ولذلك كثيرا ما تسمى الخرائط الطبوغرافية بالخرائط العسكرية ؛ فهي توضح كل أنواع الظاهرات ذات الأهمية الاستراتيجية والتي قد تفيد في تخطيط عمليات التكتيك الحربي وفي تحريك وتدريب الجيوش . وتتمثل بعض هذه الظاهرات في أشكال سطح الأرض وحدود المناطق الادارية ووسائل النقل والمواصلات وأنابيب المياه والبترول والخطوط الكهربائية ومناطق العمران . وفي الماضي ، كانت الخرائط العسكرية المتاحة هي أكثر أنواع الخرائط الطبوغرافية تفصيلاً . ولكن لم تعد هناك اختلافات ملحوظة بين الخريطة العسكرية والخريطة الطبوغرافية العامة (مثل الخريطة السياحية) في الوقت الحاضر .

٣ ـ الخرائط الكدسترالية (المساحة التفصيلية) Cadastral : وهذه فئة خرائط المساحة التفصيلية ، ومقياسها أكبر من مقياس رسم الخرائط الطبوغرافية ، ولذلك تشتمل على تفاصيل كثيرة لمنطقة محدودة المساحة . وفي الغالب نجد مقياس الخرائط الكدسترالية أكبر من مقياس ١/١٠,٠٠٠ (أي سنتيمتر لكل ١٠٠ متر) . ومن ثم يدخل ضمن تصنيف هذه الفئة : الخرائط الكبيرة المقياس مثل ١/ ٥,٠٠٠ أو ١/٢,٥٠٠ . ويطلق على هذا النوع من الخرائط أيضا مصطلح Plan ـ أي الخريطة التفصيلية ذات المقياس الكبير لمنطقة محدودة المساحة مثل منطقة المدينة أو منطقة زراعية صغيرة . وعلى هذا الأساس ، يمكن تقسيم الخرائط الكدسترالية إلى قسمين رئيسيين :

ا ـ الخرائط الكدسترالية الزراعية : وهذه خرائط يسمح مقياسها الكبير

بإظهار التفاصيل الدقيقة في الجهات الزراعية أو الريفية ، مثل تفاصيل حدود الحقول والأحواض الزراعية وكذلك تفاصيل المباني متصلة كانت أو غير متصلة . ولهذا كانت هذه الخرائط مفيدة في أغراض فرض الضرائب وفي تحديد الملكيات العقارية في التسجيلات القانونية . وتصدر مصلحة المساحة المصرية خرائط تفصيلية من هذا النوع بمقياس ٢٥,٠٠٠/١ لمناطق الريف المصري ، وهي الخرائط التي تباع للجمهور وتعرف في الريف المصري بخرائط فك الزمام .

ب ــ الخرائط الكدسترالية المدنية (الحضرية) : وهي أيضا خرائط تفصيلية بمقياس كبير ولكنها تختص بالمدن وضواحيها . وتوضح مثل هذه الخريطة كل الملامح الحضارية للمدنية ، مثل المباني والمدارس والشوارع ومحطات السكك الحديدية ومراكز الشرطة ومحطات اطفاء الحريق وغير ذلك من معالم المدنية . وهذه الخرائط مهمة جدا في برامج تخطيط المدن ، لأنها تتخذ كخرائط أساسية توقع عليها أنواع استخدام الأرض المختلفة في المدنية ، أو توزيعات السكان ودرجة كثافتهم .. إلخ ومن المعروف أن الخرائط الكدسترالية هي نتاج عمليات المساحة التفصيلية ، ثم تصغر بعد ذلك لتكون الخرائط الطبوغرافية .

- جدول المقاييس العددية المهمة وما يساويها في المقاييس الخطية :

عرفنا كيف نحول مقاييس الكسور البيانية (العددية) إلى مقاييس خطية حتى يمكن رسمها على الخرائط ، وتتم عملية التحويل هذه باجراء بعض العمليات الحسابية . ولكي نسهل الأمر على الكرتوجرافي الرسام ، نذكر في الجدول التالي أهم مقاييس الكسور البيانية المستخدمة في الخرائط ، وما يقابلها عند تحويلها إلى مقاييس خطية

المقياس العددي ١/	السنتيمتر يمثل	الكيلومتر يمثله	البوصة تمثل	الميل يمثله
١,٠٠٠,٠٠٠	١٠ كم	١,٠ سم	١٥,٧٨ ميل	٠,٠٦٣ بوصة
٥٠٠.٠٠٠	٥ كم	٠,٢ سم	٧,٨٩ ميل	٠,١٢٧ بوصة
٢٥٠,٠٠٠	٢,٥ كم	٠,٤ سم	٣,٩٥ ميل	٠,٢٥٣ بوصة
١٢٥,٠٠٠	١,٢٥ كم	٠,٨ سم	١,٩٧ ميل	٠,٥٠٧ بوصة
١٠٠,٠٠٠	١ كم	١ سم	١,٥٨ ميل	٠,٦٣٤ بوصة
٦٣ ٣٦٠	٠,٦٣٤ كم	١.٥٨ سم	١ ميل	١ بوصة
٦٢,٥٠٠	٠,٦٢٥ كم	١,٦ سم	٠,٩٨٦ ميل	١,٠١٤ بوصة
٥٠,٠٠٠	٠,٥ كم	٢ سم	٠,٧٨٩ ميل	١,٢٧ بوصة
٢٥,٠٠٠	٠,٢٥ كم	٤ سم	٠,٣٩٥ ميل	٢,٥٣ بوصة
٢٠,٠٠٠	٠,٢ كم	٥ سم	٠,٣١٦ ميل	٣,١٧ بوصة
١٠,٥٦٠	٠,١٠٥ كم	٩,٤٧ سم	٠,١٦٧ ميل	٦ بوصة
١٠,٠٠٠	٠,١ كم	١٠ سم	٠,١٥٨ ميل	٦,٣٤ بوصة
٥,٠٠٠	٥٠ متر	٢٠ سم	١٣٩ ياردة	١٢,٦٧ بوصة
٢,٥٠٠	٢٥ متر	٤٠ سم	٦٩,٥ ياردة	٢٥,٣٤ بوصة
٢٥٠	١٢,٥ متر	٨٠ سم	٣٤,٧٥ ياردة	٥٠,٦٩ بوصة

تمارين

١ ــ حوّل المقياس ١/٥٠٠,٠٠٠ إلى مقياس خطي ، بحيث يقيس لكل ٤ كم .

٢ ــ ارسم مقياس خطي كيلومتري للمقياس ١/٢٥٠,٠٠٠

٣ ــ ارسم مقياس خطي ميلي للمقياس ١/٦٣٣,٦٠٠

٤ ــ حول المقياس ١/٢٥٣,٤٠٠ إلى مقياس خطي ميلي .

٥ — أذكر المقياس الأكبر في كل مجموعة من المجموعات التالية

ا — ١/٥٠,٠٠٠ ، ١/٣٠,٠٠٠

ب — ١/١٠,٠٠٠ ، ١/١٠٠,٠٠٠

جـ — ١/٤,٥٠٠,٠٠٠ ، ١/٤,٧٥٠,٠٠٠

د — سنتيمتر لكل ٤ كم، سنتيمتر لكل ٢,٥ كم

هـ — بوصة لكل ٦ ميل ، بوصة لكل ١٠ ميل

٦ — إرسم مقياس خطي كيلومتري من المقياس : بوصة لكل ميل .

٧ — على خريطة لمدينة القاهرة بمقياس ١/١٥,٠٠٠ ، قيست المسافة بين ميدان التحرير وميدان رمسيس (ميدان محطة السكة الحديدية) فوجدت ١٥ سم . إرسم مقياس خطي لهذه الخريطة ، ثم استعن به في إيجاد المسافة الحقيقية بين هذين الميدانين .

٨ — ارسم مقياساً شبكيا للمقياس ١/١٠٠ ليقرأ حتى السنتيمتر .

٩ — ارسم مقياساً شبكيا للمقياس ١/١٠,٠٠٠ ليقرأ حتى ٥ متر .

١٠ — إرسم مقياساً مقارنا للمقياس ١/٢٥٠,٠٠٠ ، بحيث يقيس لكل ٥ وحدات كيلومترية وميلية .

مراجع الفصل الخامس

١ - محمد صبحي عبد الحكيم وماهر الليثي (١٩٦٦)، علم الخرائط، القاهرة (الفصل الثاني).

٢ - Bygott, J. (1962), An Introduction to Mapwork and Practical Geography, 8th ed., London.

٣ - Monkhouse, F.J. and Wilkinson, H.R. (1971), Maps and Diagrams, 3rd ed., London.

٤ - Raisz, E. (1948), General Cartography, New York.

٥ - Singh, R. and Kanaujia, L.R. (1963), Map-Work and Practical Geography, Central Book Depot : Allahabad.

الفصل السادس

التطبيقات العملية لمقاييس الرسم

تتعدد طرق الانتفاع بمقاييس الرسم بشكل عظيم . فما دمنا نعرف مقياس رسم الخريطة نستطيع أن نستفيد منه بطرق شتى ؛ فبواسطته يمكن أن نقيس المسافات على طول الطرق والأبعاد الخطية الأخرى على الخريطة ، بل ونستطيع أن نعرف قدر أي مساحة مهما اختلف شكلها على الخريطة . وبواسطة مقياس الرسم نستطيع أيضا أن نكبر أي خريطة أو نصغرها إلى المقياس الذي نراه مناسباً لنا . كذلك يمكن بمساعدة مقياس الرسم أن نعرف درجة انحدار الأرض ، وأن نرسم القطاعات التضاريسية – العرضية والطولية – التي تعيننا على فهم أشكال سطح الأرض وطبيعة انحداراتها . وسوف نقتصر في هذا الفصل على دراسة طرق قياس المسافات والمساحات على الخرائط ، ثم طرق تكبير وتصغير الخرائط .

طرق قياس المسافات والمساحات

أولاً : قياس المسافات أو الأبعاد على الخريطة :

كثيراً ما نحتاج إلى قياس المسافة بين مدينتين ، أو بين أي نقطتين معلومتين ،

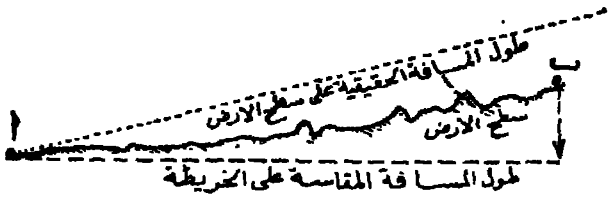
وذلك على طول طريق أو سكة حديدية أو نهر . وهنا سوف تواجهنا المشكلة الأساسية وهي التي أشرنا إليها في فصل سابق ، والخاصة بتمثيل سطح الأرض الكروي على سطح مستوى وهو سطح لوحة الورق ، اذ لا بد أن يكون هناك انحراف من أي نوع مهما كان شكل المسقط المستخدم في الرسم . وقد ذكرنا أن أقصر مسافة بين أي نقطتين على سطح الأرض هي عبارة عن قوس أو جزء من دائرة عظمى ، ولما كان هذا القوس يتحول إلى خط على مستوى ورقة الخريطة ، فلا يمكن أن يكون القياس على الخريطة (المسطحة) مطابقاً تماماً للواقع على سطح الأرض (الكروي) مهما تحرينا الدقة في القياس . وقد تمكن العلماء من التغلب على هذه المشكلة حين وضعوا جداول خاصة ، تسمى الجداول الجغرافية ، تتضمن الأطوال الحقيقية لأقواس الطول ودوائر العرض ، وكذلك جداول تتضمن مساحة كل شكل رباعي تحدده درجة واحدة عرضية وطولية على سطح الأرض .

وعلى كل حال ، ليس هنا مجال الخوض في هذه المسائل المعقدة ، وقد ذكرناها لمجرد أنها حقيقة يجب أن نضعها في اعتبارنا عندما نقيس المسافات على الخرائط . ولا بأس أن نتبع القواعد العامه في قياس المسافات على الخرائط ما دامت في حدود عشرة درجات عرضية وطولية من وسط الخريطة . ولا شك أن أقرب القياسات إلى الدقة تتم على الخرائط الطبوغرافية والخرائط الكبيرة المقياس بصفة عامة ، ذلك أن مثل هذه الخرائط تمثل مساحات صغيرة من سطح الأرض ضئيلة التقوس وتبدو مسطحة كسطح ورقة الخريطة التي تمثلها — كما ذكرنا من قبل — ومن ثم فالقياس يكاد يكون متطابقا في الحالتين .

هناك أيضا مشكلة أخرى نواجهها إذا كنا نقيس أبعاداً في منطقة مرتفعة شديدة التضرس ؛ فالجبال والوهاد الموجودة في الطبيعة لا يمكن حين نمثلها على الخريطة أن نعرج لها سطح الخريطة المستوى لكي تظهر بشكلها المجسم الصحيح ، وإنما تظهر على سطح الخريطة في شكل خطوط كنتورية ورسوم صغيرة تدل على الارتفاع والانخفاض . وحينما نقيس طول طريق بين

نقطتين على الخريطة ، إحداهما في منطقة منخفضة السطح والأخرى في منطقة مرتفعة مضرسة السطح ، فسوف تختلف المسافة على الخريطة عن مثيلاتها على الطبيعة – والتي ستكون في هذه الحالة أطول بشكل ملحوظ من المسافة على الخريطة ، كما يتضح ذلك من (شكل ٢٩) . ولكي نحصل على قياس دقيق في مثل هذه الأحوال الخاصة ، نرسم قطاعاً طولياً على طول المسافة التي نريد قياسها على الخريطة ، وسوف نشير إلى طريقة عمل مثل هذه القطاعات فيما بعد .

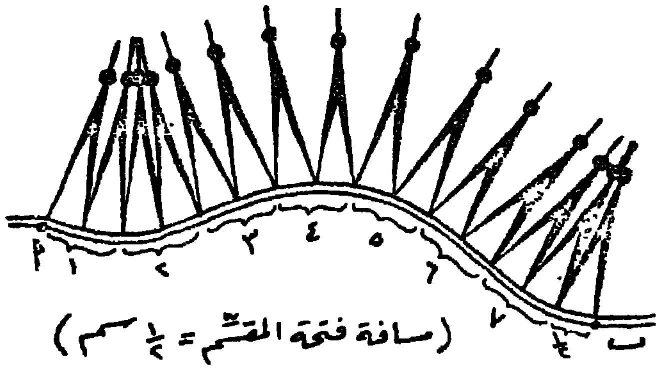
أما طرق قياس المسافات في الخرائط ، فتتمثل فيما يلي :



(شكل ٢٩) رسم تخطيطي يبين اختلاف طول المسافة المقاسة على الخريطة عن طولها الحقيقي في المناطق المرتفعة من سطح الأرض .

١ – المسطرة العادية :

من الطبيعي أن تكون المسطرة العادية هي أبسط طريقة لقياس مسافة معينة ، بشرط أن تمتد هذه المسافة على طول خط مستقيم ، فبعد أن نعرف طولها بالسنتيمتر (أو بالبوصة) نضع المسطرة على المقياس الخطي في أسفل الخريطة ونقرأ طول هذه المسافة بالكيلومتر (أو بالميل) . ولكن كثيرا ما تكون الطرق أو الأبعاد المراد قياسها على شكل خطوط متعرجة ، بل شديدة الإنثناء أحيانا ، وهنا يلزم أن نتبع طرقاً أخرى لقياس المسافات على مثل هذه الخطوط .



(شكل ٣٠) طريقة استخدام المقسم أو الفرجار في قياس طول طريق متعرج على الخريطة .

٢ ــ استخدام المقسّم أو البرجل :

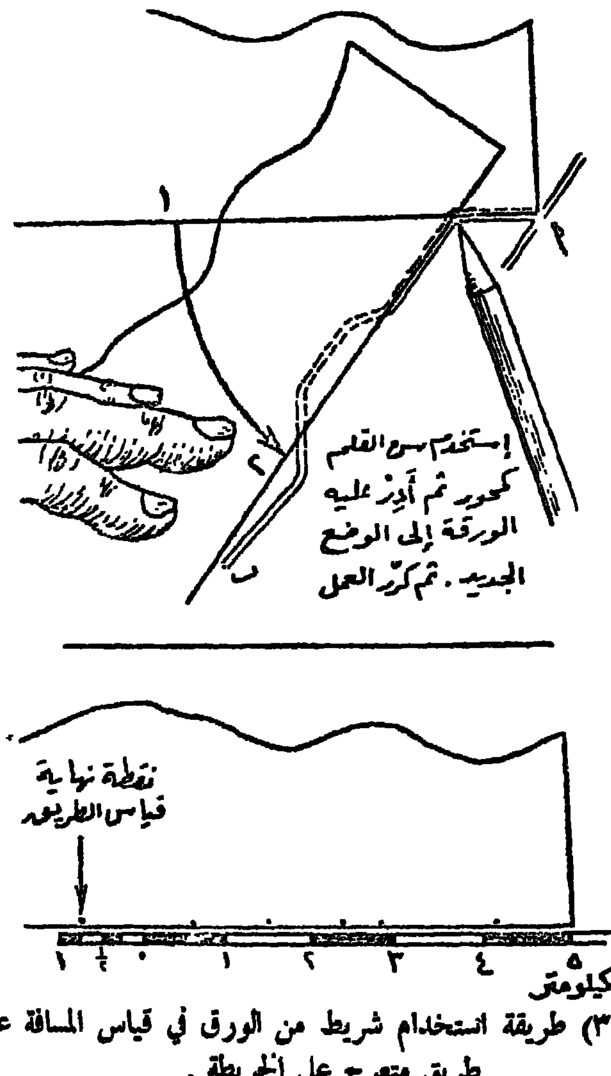
حينما يكون الخط المراد قياسه قليل التعرج نوعا ، فيمكن استخدام المقسم divider في قياسه ، وذلك بفتحه بمسافة معلومة (مثــلا ½ سم) ، ثم نبدأ في قياس الخــط من بدايته إلى نهايته وذلك بعمل عدة نقلات للمقسم بشرط عدم رفعه عن الخط إلاّ في النهاية ، ثم نجمع عدد هذه النقلات لنعرف طولها بالسنتيمتر ، وبذلك يمكن قياس هذا الطول على المقياس الخطي في أسفل الخريطة (أنظر شكل ٣٠) .

٣ ــ استخدام الخيط :

يمكن تتبع الخط الذي نرغب في قياسه بخيط رفيع من بدايته حتى نهايته ــ مع العناية بتتبع كل ثنية على الخط . ثم نشد الخيط بعد ذلك على مسطرة لنعرف طول المسافة المقاسة بالسنتيمتر ، ونطبق هذا الطول على المقياس الخطي لمعرفة طوله بالكيلومترات .

٤ ـ استخدام قطعة من الورق :

من الممكن أيضا استخدام قطعة ورق على شكل شريط بحيث يكون حده المستعمل في القياس مستقيماً . ونبدأ بوضع بداية الورقة على طول الخط المراد قياسه ، ثم نضع سن القلم الرصاص على الورقة في النقطة التي ينحني عندها



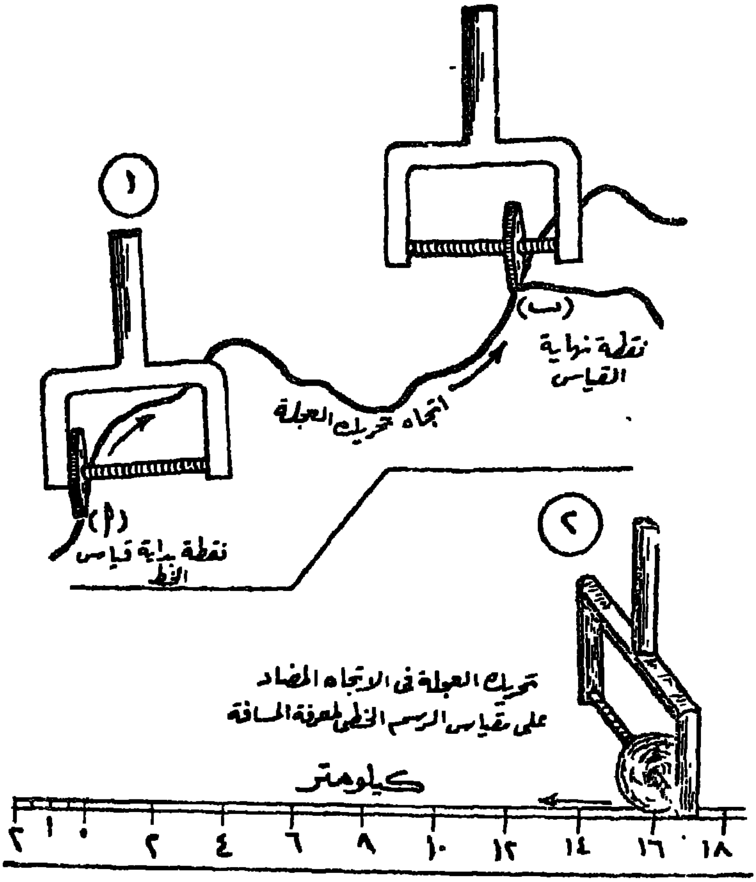
(شكل ٣١) طريقة استخدام شريط من الورق في قياس المسافة على طول طريق متعرج على الخريطة .

الخط (أو الطريق) ، ثم ندير حافة الورقة بحيث تنطبق على طول القسم التالي من الطريق – مع استخدام سن القلم كمحور تدور عليه الورقة . ننقل القلم إلى نهاية هذا القسم التالي ، ونكرر نفس الطريقة حتى ينتهي الطريق (شكل ٣١) . وبتطبيق حافة الورقة على المقياس الخطي للخريطة يمكن أن نعرف طوله بالكيلومترات .

٥ – استخدام عجلة القياس :

تعتبر عجلة القياس opisometer أسرع وأدق وسيلة لقياس الطرق أو الخطوط المتعرجة – خاصة الشديدة التعرج . وهذه العجلة على نوعين ؛ فمنها نوع بسيط ورخيص في نفس الوقت ، وهي عبارة عن يد حديدية صغيرة تنتهي بذراعين بينهما محور حلزوني تدور عليه عجلة صغيرة (شكل ٣٢) . وعندما نريد قياس خط بهذه الآلة الصغيرة نضبط العجلة بحيث تكون في النهاية اليسرى للمحور ، ثم نبدأ القياس من الجهة اليسرى للخط ، أي في اتجاه دوران عقرب الساعة ، وتحرك العجلة متتبعين الخط حتى نهايته – وفي هذه الحالة تكون العجلة قد بعدت قليلاً أو كثيرا عن الذراع اليسرى لهذه الآلة . ننقل العجلة بعد ذلك بنفس وضعها الجديد إلى المقياس الخطي ونحركها في الإتجاه المضاد – أي من اليمين إلى اليسار – حتى تعود مرة أخرى إلى نهاية المحور من الجهة اليسرى ، ونقرأ المسافة التي قطعتها العجلة في عودتها على المقياس الخطي ، فنعرف طول الطريق بالكيلومتر .. ويحسن أن نقوم بالقياس مرتين ونأخذ المتوسط ، وذلك لضمان دقة القياس (إذ سيكون هناك توازنا بين قياس الخطوط المنحنية للداخل والمنحنية للخارج) .

أما النوع الآخر من عجلة القياس فأكثر تعقيداً ودقة في نفس الوقت . وهي عبارة عن قرص كبير له يد طويلة نوعاً ، ومرسوم على هذا القرص دائرتان مقسمتان : الدائرة الخارجية وهي الأكبر مقسمة بالأميال (٣٩ قسماً أو ميلا) ، والدائرة الداخلية مقسمة بالكيلومترات (٩٩ قسماً أو كيلومتراً) .



(شكل ٣٢) عجلة القياس البسيطة وطريقة قياس المسافات بواسطتها .

وفي مركز القرص أو في مركز هاتين الدائرتين نجد مؤشراً رفيعا كعقرب الساعة ، وتتحكم في حركته عجلة صغيرة مسننة في أسفل القرص . وعند بداية قياس أي خط متعرج على الخريطة يجب أن نضبط هذا المؤشر على صفر القياس في الدائرتين.(ويوجد الصفر في أعلى القرص) . ثم نبدأ بوضع العجلة الصغيرة المسننة على بداية الخط ونحركها ـ كما في المثال السابق ـ في اتجاه

دوران عقرب الساعة على الخط الذي نريد قياسه ، وذلك بمنتهى الدقة . وبعد أن ينتهي القياس نرفع العجلة ونقرأ الرقم الذي وصل إليه المؤشر : إما على دائرة الأميال (وهي الأكبر) إذا كانت الخريطة تستخدم المقياس الميلي ، أو على دائرة الكيلومترات (وهي الأصغر) إذا كان مقياس الخريطة الخطي بالكيلومترات . وسوف تكون القراءة على أي من الدائرتين قراءة مباشرة لطول المسافة المقاسة إذا كانت الخريطة بمقياس رسم ١/١٠٠,٠٠٠ — أي سم لكل كيلومتر (لأن كل سنتيمتر تجريه العجلة على الخريطة = قسماً على دائرة الكيلومترات ويقطعه المؤشر في حركته ، فإذا جرت العجلة ٥ سنم على الخريطة تحرك المؤشر إلى نهاية القسم الخامس الذي يمثل في هذا المقياس ٥ كيلومتر) كذلك ستكون القراءة مباشرة على دائرة الأميال إذا كان مقياس الخريطة ١/٦٣,٣٦٠ (أي بوصة لكل ميل) .

أما إذا اختلف مقياس رسم الخريطة عن هذين المقياسين الأساسيين ، فلا بد من اجراء بعض العمليات الحسابية التكميلية لمعرفة طول مسافة الخط . وتعتمد هذه الحسابات على قيمة مقياس رسم الخريطة التي أمامنا . وهل هو أصغر أم أكبر من المقياس الأساسي ١/١٠٠,٠٠٠ ١ أو ١/٦٣٣٦٠ في حالة المقياس الميلي) . فإذا كان المقياس أصغر — مثلا ١/٥٠٠,٠٠٠ — فمعنى هذا أن السنتيمتر (وبالتالي القسم الواحد على دائرة الكيلومترات) = ٥ كيلومتر ؛ وباختصار نضرب الرقم المقروء على دائرة الكيلومترات في ما يساويه مقياس الرسم الأصغر بالكيلومترات . (مثال : كانت قراءة المؤشر على دائرة الكيلومترات ٧ ، وكان مقياس رسم الخريطة ١/٢٥٠,٠٠٠ — إذن طول الخط المقاس = ٧ × ٢,٥ = ١٧,٥ كيلومتر) .

أما إذا كان مقياس الخريطة أكبر من المقياس الأساسي ، مثلا ١/٥٠,٠٠٠ ، فمعنى هذا أن السنتيمتر الذي تجريه العجلة على الخريطة = ٢/١ كيلومتر ؛ وباختصار نضرب أيضا الرقم المقروء على دائرة الكيلومترات في ما يساويه مقياس الرسم الأكبر من كسور الكيلومتر . (مثال : كانت قراءة المؤشر على

دائرة الكيلومترات ٨ ، وكان مقياس رسم الخريطة ١/٢٥,٠٠٠ [أي السنتيمتر = ١/٤ كم] – إذن طول الخط المقاس في هذه الحالة = ٨ × ١/٤ = ٢ كيلومتر) .

وعندما نقيس على دائرة الأميال نطبق نفس الاجراءات التي ذكرناها توآ ، مع ملاحظة أن البوصة ستحل محل السنتيمتر ، والميل محل الكيلومتر .

ولتسهيل مهمة قياس الخطوط والأبعاد بهذا النوع من عجلات القياس ، فقد ظهرت في السنوات الحديثة عجلة قياس من نفس النوع ، ولكن بدلاً من رسم دائرتين للكيلومتر وللميل على قرصها ، نجد ثلاث دوائر مقسمة على كل وجه من وجهي القرص ، وكل دائرة من هذه الدوائر تمثل مقياس رسم كيلومتري معين ومكتوب عليها : مثلا دائرة مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ ، وإلى الخارج منها دائرة مقياس ١/٥٠,٠٠٠ . وبعدها دائرة مقياس ١/٢٥,٠٠٠. وعلى الجانب الآخر دائرة أخرى بمقياس ١/٢٥٠,٠٠٠ .. وهكذا . وهذه هي المقاييس الشائعة في الخرائط ، وكل ما علينا هو أن نقرأ الرقم الذي يشير إليه المؤشر في دائرة المقياس المطابق تماماً لمقياس رسم الخريطة – وستكون القراءة مباشرة في هذه الحالة وبالكيلومترات .

ثانيا : قياس المساحات على الخريطة :

من المفيد أن يتدرب الكرتوجرافي على قياس أي مساحة غير منتظمة الشكل على الخريطة . وطبيعي أن مساحات الدول والوحدات السياسية أمر معروف ويمكن الحصول على هذه المساحات المقاسة بدقة من الكتب الاحصائية المختلفة مثل كتب الاحصاءات السنوية التي تصدرها الأمم المتحدة . كذلك عندما نتعامل مع الأقسام الادارية للدول كالمحافظات والمراكز ، يمكن أن نحصل على مساحاتها الدقيقة أيضا من كتب التعدادات المختلفة الخاصة بالدولة (مثل تعدادات السكان والتعدادات الزراعية) .

ولكن حينما نتعامل مع وحدات مساحية غير ادارية ، مثل منطقة زراعية معينة نريد معرفة مساحتها أو جزء من بحيرة داخل حدود اقليم معين أو جزء تضاريسي معين محدود بخط كنتور معروف ، فقد نضطر في مثل هذه الأحوال أن نحسب المساحة المطلوبة من الخريطة نفسها . وتنقسم الطرق التي يمكن استخدامها في قياس المساحات إلى نوعين : طرق تخطيطية Graphical methods ، وهي عبارة عن رسوم بيانية خاصة نطبقها على المساحة المراد قياسها ؛ ثم الطرق الآلية Instrumental m. وتتضمن استخدام بعض الآلات في القياس . وهناك أيضا طرق هندسية تتلخص في تقسيم الشكل إلى أشكال هندسية — كالمثلثات ثم إيجاد مساحاتها . ولن نتعرض هنا لهذه الطرق المعقدة .

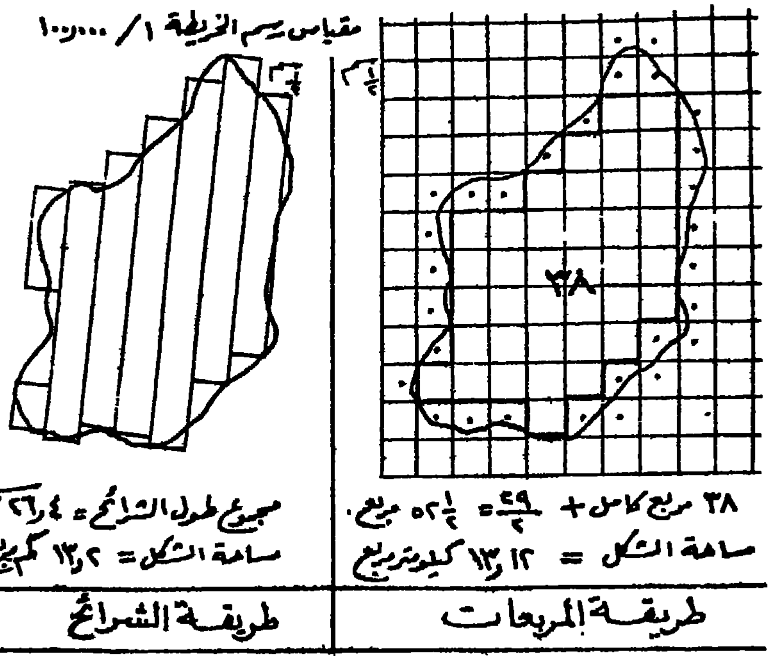
أما الطرق التخطيطية فهي كثيرة وتختلف في درجة دقة القياس بها ، وسوف نقتصر هنا على أبسط طرقها .

١ — طريقة المربعات :

وفي هذه الطريقة ، نغطي المساحة المراد قياسها بشبكة من المربعات ، ويتم ذلك إما بشف الخط الخارجي على ورقة كالك ثم نثبتها فوق ورقة مربعات عادية ، وإما بوضع ورقة المربعات على الخريطة نفسها فوق منضدة الشف بحيث تكون قوية الإنارة . نحسب بعد ذلك عدد المربعات الكبيرة ، ثم المربعات الصغيرة ؛ وحين يقطع الخط الخارجي للشكل مربعاً صغيراً فيجب أن ندخله في الحساب إذا كان أكثر من نصف مساحته واقعاً داخل الخط ، أما إذا نقصت مساحته عن النصف فلا يحسب . وبوسيلة الحذف والإضافة هذه يحدث هناك نوع من التوازن في عدد المربعات الكاملة التي تغطي مساحة الشكل . نعرف بعد ذلك مساحة المربع الكبير من مقياس رسم الخريطة ، فإذا كان ١/٥٠٠,٠٠٠ مثلا ، فمعنى هذا أن السنتيمتر يساوي ٥ كيلومتر . إذن مساحة المربع الكبير = ٥ × ٥ = ٢٥ كيلومتر مربع . نضرب بعد ذلك عدد المربعات الكبيرة × ٢٥ لكي نحصل على مساحتها بالكيلومتر المربع . وبنفس الطريقة نحسب مساحة المربع الصغير (سيكون في هذه الحالة ٢/١

كم × ٢١ كم = ٤١ كيلومتر مربع . ثم نضرب هذه المساحة في عدد المربعات الصغيرة . ونضيف مساحتها في مساحة المربعات الكبيرة لكي نحصل على مجموع مساحة الشكل

ويمكن أن نرسم نحن شبكة المربعات على الشكل المراد قياس مساحته . وليكن طول ضلع المربع ٢,١ سم مثلا . ثم نحسب عدد المربعات الكاملة . وبعد ذلك نحسب عدد كل المربعات الناقصة مهما كان الجزء الداخل منها في الشكل ضئيلا . ثم نأخذ نصف عدد هذه المربعات الناقصة – على اعتبار أن نصف هذا العدد يمثل مربعات كاملة – ونضيفه إلى عدد المربعات الكاملة ، وبمساعدة مقياس رسم الخريطة نستطيع أن نعرف مساحة مجموع هذه المربعات . وستكون بالطبع هي مساحة الشكل وقد اتبعنا هذه الطريقة الأخيرة في (شكل ٣٣) .



(شكل ٣٣) إستخدام طريقة المربعات وطريقة الشرائح في ايجاد مساحة شكل على خريطة بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ (في حالة هذا المثال) .

والواقع أن طريقة المربعات في قياس المساحات طريقة بطيئة ومتعبة وتحتاج إلى جهد ودقة متناهية ، ومع ذلك فهي في النهاية ليست دقيقة تماماً في قياس المساحات .

٢ – طريقة الشرائح (شكل ٣٣) :

وهذه طريقة أسرع نسبياً ولكنها ليست على نفس درجة دقة الطريقة السابقة . وتتلخص هذه الطريقة في رسم عدة خطوط متوازية على الشكل المراد قياس مساحته ، بحيث تكون هذه الخطوط على مسافة ثابتة ، مثلا ٢/١ سم ، ولكن كلما صغرت هذه المسافة كلما كان القياس أكثر دقة . بعد ذلك نرسم خطوط عمودية عند نهاية كل خط لكي تتحول الخطوط المتوازية إلى شرائح أو أشرطة طويلة — مع ملاحظة أن ترسم الخطوط العمودية كخطوط « حذف وإضافة » على حدود الشكل . نجمع بعد ذلك طول كل هذه الشرائح بالسنتيمتر ، ونحولها بمساعدة مقياس الرسم إلى كيلومترات طولية ، ثم نضربها فيما يقابل عرض شريط واحد بالكيلومتر لكي نحصل على مساحة كل الأشرطة — وهي مساحة الشكل المطلوب معرفة مساحته . ففي (شكل ٣٣) مثلا كان مجموع طول الشرائح ٢٦,٤ سم ، ولما كان مقياس رسم الخريطة ١٠٠,٠٠٠/١ ، فمعنى هذا أن السنتيمتر = كيلومتر واحد ، وبذلك يصبح طول الشرائح كلها ٢٦,٤ كيلومتر ، وبضرب هذا العدد في ٢/١ كيلومتر (وهو عرض الشريحة لأن نصف سنتيمتر في هذا المقياس = نصف كيلومتر) نحصل على مساحة كل الشرائح — أي مساحة الشكل نفسه .

مثال آخر : كم تكون مساحة هذا الشكل لو كان مقياس رسم الخريطة ٥٠٠,٠٠٠/١ ؟

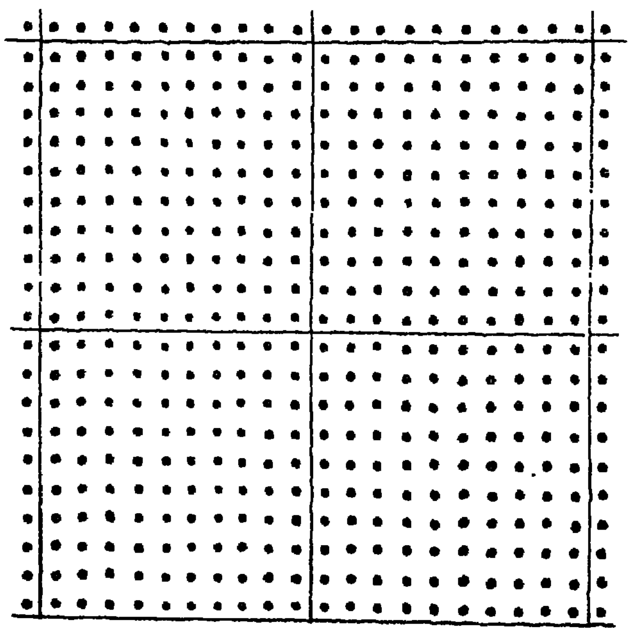
في هذا المقياس سوف يمثل السنتيمتر ٥ كيلومتر (ونصف السنتيمتر وهو عرض الشريحة = ٢,٥ كم) .

∴ طول مجموع الشرائح بالكيلومتر = ٢٦,٤ × ٥ = ١٣٢ كم

∴ مساحة الشرائح = ١٣٢ × ٢٠٥ = ٣٣٠ كيلومتر مربع.

٣ ـ شبكة النقط : The Blakerage Grid

وهذه شبكة من النقط التي تستخدم في قياس المساحات ، وقد ابتكرها « بليك R. Blake » في فترة السنوات الأخيرة . وتتكون هذه الشبكة من مربعات طول ضلع كل منها ٤ سم . وفي كل مربع ١٠٠ نقطة موزعة على مسافات متساوية (شكل ٣٤) . وتستخدم هذه الشبكة في قياس



(شكل ٣٤) جزء من شبكة النقط التي ابتكرها « بليك » لقياس المساحات بالهكتار على خرائط بمقاييس معينة .

المساحات بالهكتار [1] على خرائط ذات مقاييس رسم معينة . فإذا طبقت هذه الشبكة على مقياس رسم ١/٢٥٠٠ . فسوف تساوي النقطة الواحدة ٠٫٠١ من الهكتار (١٠٠ متر مربع) . وإذا طبقت على مقياس ١/٢٥٫٠٠٠ فسوف تساوي النقطة هكتارا واحداً ، وإذا طبقت على مقياس ١/٢٥٠٠٠٠ فسوف تساوي النقطة ١٠٠ (مائة) هكتار . وحين نطبق الشبكة على أي من هذه المقاييس نحسب عدد النقط الواقعة داخل الشكل المراد قياسه ، ثم نضرب هذا العدد فيما تساويه النقطة حسب مقياس الرسم . وبذلك نحصل على مساحة الشكل بالهكتار – والذي يمكن تحويله إلى كيلومترات مربعة .

هذا بالنسبة للمقاييس الثلاثة المبينة . ولكن لنفرض أن لدينا خريطة بمقياس رسم مختلف عنها . وليكن ١/٥٠٫٠٠٠ ، ونريد قياس مساحة معينة على هذه الخريطة ، ففي هذه الحالة نفرض أن الخريطة التي أمامنا مرسومة بأحد المقاييس المبينة والتي ذكرناها من قبل . وليكن مقياس ١/٢٥٠٫٠٠٠ ، ونجري القياس بشبكة النقط على أساس هذا المقياس المفروض (حيث النقطة = ١٠٠ هكتار) . ولنفرض أن نتيجة القياس كانت ٨٠٠ هكتار . حينئذ نحول هذه النتيجة إلى المساحة الحقيقية المطلوبة . وذلك بضرب هذه المساحة (٨٠٠ هكتار) في مربع النسبة بين المقياسين ، كما يلي :

$$\left[\frac{\frac{١}{٢٥٠٠٠٠}}{\frac{١}{٥٠\ ٠٠٠}}\right]^{٢} \times ٨٠٠$$

$$\left(\frac{٥٠\ ٠٠٠}{٢٥٠\ ٠٠٠}\right)^{٢} \times ٨٠٠ =$$

---

(١) الهكتار = ١٠٫٠٠٠ متر مربع ، وهو يساوي أيضاً حوالي ٢٫٤٧ فدان . والكيلومتر المربع = ١٠٠ هكتار .

$$= ٨٠٠ \times \left(\frac{٥}{٢٥}\right)^{٢}$$

$$= ٨٠٠ \times \frac{٢٥}{٦٢٥}$$

$$= ٨٠٠ \times \frac{١}{٢٥} = ٣٢ \text{ هكتارا}$$

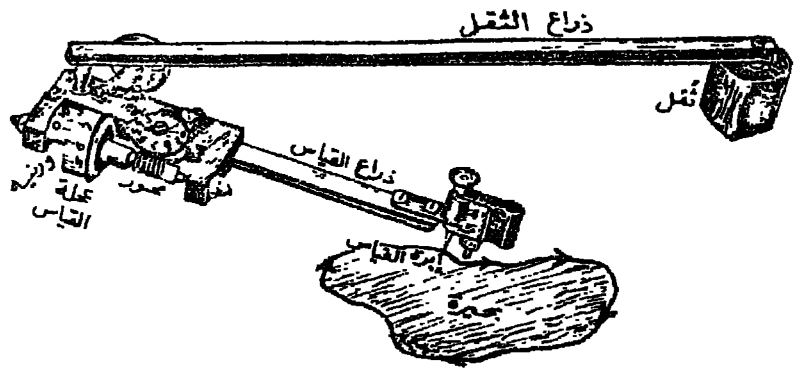
وبذلك تكون هذه الـ ٣٢ هكتار هي المساحة الحقيقية على الخريطة التي أمامنا بمقياس ١/٥٠,٠٠٠ .

٤ – البلانيميتر : Planimeter

تعتبر طرق القياس الآلي أدق وأسرع طرق قياس المساحات غير منتظمة الشكل . وأهم هذه الطرق الآلية هي طريقة القياس بالبلانيميتر . وهو عبارة عن جهاز صغير يستخدم في قياس أو حساب مساحة الأشكال غير المنتظمة على الخرائط . وهناك عدة أنواع من البلانيميتر – جهاز قياس المساحات – تتدرج من النوع البسيط إلى الأنواع الدقيقة المزودة بعجلات القياس والورنيات [1] (شكل ٣٥) . وليس من السهل أن نشرح هنا النظرية التي تعمل على أساسها هذه الآلات الدقيقة . ولكن نجد في علبة كل جهاز كتيباً صغيراً يشرح طريقة عمل هذا النوع من أجهزة البلانيميتر : وإذا تبعنا بعناية التعليمات المكتوبة فسوف نستطيع بعد فترة قصيرة من التدريب أن نستخدم هذا الجهاز أو ذاك بكفاءة جيدة .

---

(١) الورنية عبارة عن مسطرة صغيرة إما مستقيمة أو دائرية الشكل، وتركب على حافة مقاييس أكبر من مقاييسها ولكنها من نفس النوع . وتستخدم الورنية لبيان الكسور الصغيرة التي لا يمكن بيانها بدقة عند إنشاء المقاييس العادية ، فهي مثلا تبين كسور المليمتر والأجزاء المئوية من البوصة .



(شكل ٣٥) جهاز البلانيميتر لقياس المساحات غير منتظمة الشكل .

وعلى العموم ، يتركب جهاز البلانيميتر من ذراعين : ذراع ينتهي بثقل ثابت من ناحية ، وبمخروط صغير من الناحية الأخرى – بحيث يمكن ادخال هذا المخروط في كوة بجسم الجهاز ويتحرك فيها حركة حرة . أما الذراع الثاني فهو ذراع القياس وينتهي في أحد طرفيه بإبرة صغيرة هي التي نحركها فوق إطار الشكل الذي نرغب في قياس مساحته (أي فوق الخط الخارجي المحدد للشكل) . أما الطرف الآخر من ذراع القياس فيتصل بجسم الجهاز بحيث يمكن تثبيته بواسطة مسامير التثبيت (بعض نماذج البلانيميتر لها ذراع قياس قابل للتغير والتبديل بحيث يسمح بالقياس المباشر بأي وحدة قياسية ، وبعضها الآخر ذات ذراع قياس ثابت ويعطي المساحة على الخريطة بالبوصة المربعة ، ثم تحول هذ حسب مقياس الرسم) .

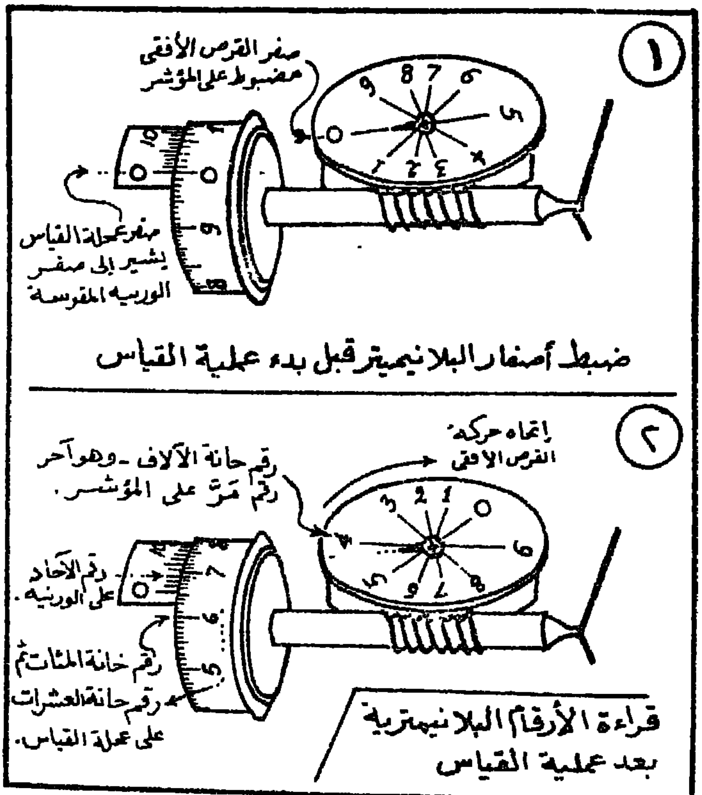
أما جسم الجهاز فيشتمل على عجلة رأسية مدرجة تسمى عجلة القياس (أنظر شكل ٣٥) تدور حول محور أفقي مواز لذراع القياس ، ويتصل هذا المحور بقرص أفقي dial مقسم إلى عشرة أقسام متساوية – أي أن حركة القرص مرتبطة بحركة العجلة الرأسية عن طريق هذا المحور . كما تنزلق عجلة القياس هذه على ورنية مقوسة لكي نقرأ عليها الأجزاء العشرية لكل قسم من أقسام عجلة القياس التي يبلغ عددها مائة قسم .

وعند استخدام الجهاز في القياس ، يجب مراعاة الخطوات التالية :

١ ـ تحديد طول ذراع القياس حسب مقياس رسم الخريطة ، وذلك بالاستعانة بالجدول الموجود بعلبة البلانيمتر .

٢ ـ تثبيت ذراع الثقل في الكوة الخاصة به في جسم الجهاز ، ثم تثبيت الثقل نفسه على الورقة ، بحيث يكون بعيداً عن إطار الشكل الذي نرغب في قياس مساحته .

٣ ـ قبل بدء عملية القياس ، يجب ضبط صفر عجلة القياس (الرأسية)



(شكل ٣٦) إعداد البلانيمتر لعملية القياس . ثم قراءة الأرقام البلانيمترية على عجلاته بعد القياس .

بحيث يشير إلى صفر الورنية المقوسة (أي يكونا على خط واحد) ، وكذلك ضبط صفر القرص الأفقي أمام المؤشر الصغير الموجود على هذا القرص (شكل ٣٦) .

٤ ـ نعيّن على إطار الشكل النقطة التي ستبدأ منها حركة الإبرة ، ثم نبدأ القياس بتحريك الإبرة فوق الخط الخارجي للشكل بحيث تكون الحركة في اتجاه دوران عقرب الساعة ـ ومع هذه الحركة ستتحرك عجلة القياس (الرأسية) إلى الأمام وإلى الخلف تبعاً لإتجاه الحركة على إطار الشكل ، كما سيتحرك القرص الأفقي تبعا لحركة العجلة الرأسية .

٥ ـ بعد أن تتم عملية القياس ونصل إلى النقطة التي بدأنا منها ، نقرأ الأرقام البلانيمترية التي سجلها كل من (أنظر الرسم الثاني من شكل ٣٦) :

ا ـ القرص الأفقي : ونقرأ عليه آخر رقم مرّ على المؤشر بعد صفر البداية : وليكن هذا الرقم (٤) ؛ وهذا هو رقم خانة الآلاف في مجموع القراءة البلانيمترية (يلاحظ أن كل رقم يمر على مؤشر القرص الأفقي يعني أن عجلة القياس قد دارت دورة واحدة وهكذا) .

ب ـ عجلة القياس . ونقرأ عليها رقمي خانتي المئات والعشرات . ونحسبهما من صفر الورنية ؛ وليكونا مثلا (٦٥) وكسر ضئيل (هذا الكسر سنقرأه على الورنية) .

جـ ـ الورنية ، ونقرأ عليها رقم خانة الآحاد . وليكن (٣) ـ وهذه عبارة عن مقدار الكسر الضئيل الذي لم نستطع قراءته على عجلة القياس [١] . وبذلك تكتمل القراءة الكلية للعدد البلانيمتري ، وهو (٤٦٥٣)

٦ ـ ولكي نحول هذا العدد البلانيمتري إلى أمتار مربعة . نعود إلى الجدول

---

(١) يقرأ رقم الآحاد بعد صفر الورنية ، عند خط التقسيم الذي يتفق في امتداده مع أي خط تقسيم عشري على عجلة القياس .

المرن لنعرف المعامل الذي نضربه في هذا العدد البلانيمتري — حسب مقياس رسم الخريطة — لكي نحصل على المساحة الحقيقية للشكل المقاس بالأمتار المربعة . ولنفرض أن المعامل المناسب لمقياس الرسم كان (٣٠) ، إذن مساحة الشكل هي :

٤٦٥٣ × ٣٠ = ١٣٩٥٩٠ متراً مربعاً .

طرق تصغير وتكبير الخرائط

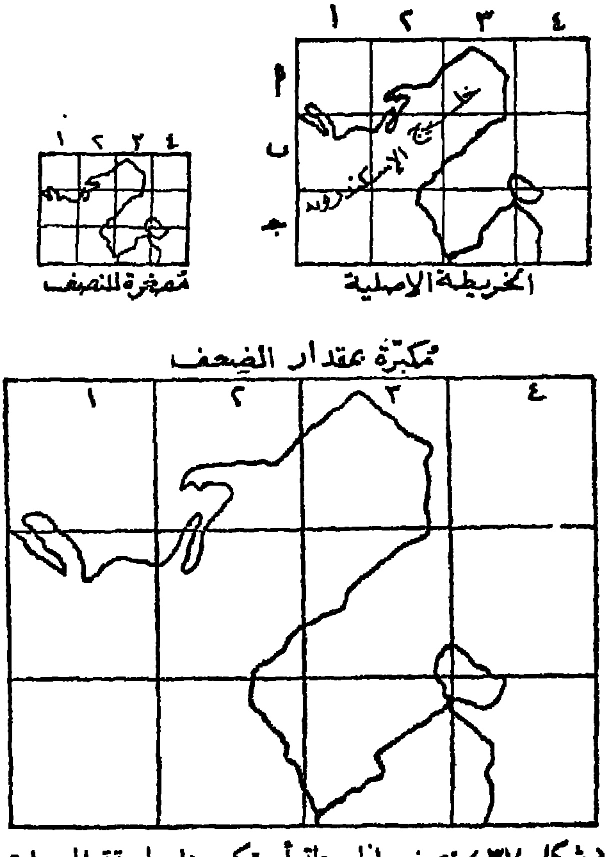
تتمثل أسرع وأدق طرق تصغير الخرائط أو تكبيرها (أي تغيير مقياس رسمها) في طريقة **التصوير الفوتوغرافي** : فهناك آلات تصوير مزودة بعدسات خاصة ، ويمكن تحريكها على مدادات طولها أكثر من ثلاثة أمتار . وبهذه الوسيلة يمكن تصوير أي خرائط تبلغ أبعادها حتى ٦٠ × ٦٠ سم ؛ ثم تطبع بعد ذلك بأي مقياس أصغر . أما في حالة تكبير الخرائط ، فهناك مكبر (يسمح بالتكبير حتى ٥٠ × ٤٠ سم) يمكنه تكبير الصور السلبية negatives للخرائط التي تم تصويرها إلى مقياس أكبر مناسب .

ومن الواضح أنه رغم سرعة ودقة طريقة التصوير الفوتوغرافي إلا أنها أكثر طرق تصغير وتكبير الخرائط تكلفة . ولا تزال أمامنا في هذا الصدد طرق أخرى ، بعضها تخطيطي وبعضها الآخر آلي . وتتلخص أهم هذه الطرق فيما يلي :

١ — طريقة المربعات : The Method of Squares

وتعتبر من أشهر طرق الرسم التخطيطي لتصغير أو تكبير الخرائط . وتتلخص هذه الطريقة في تغطية الخريطة الأصلية (المراد تغيير مقياس رسمها) بشبكة من المربعات ، إما برسم خطوط خفيفة على الخريطة نفسها ، أو بتثبيت ورقة مربعات شفافة فوق الخريطة . ومن الطبيعي أنه كلما صغرت وحدة

المربعات على الخريطة الأصلية ، كلما كانت النتيجة أكثر دقة . نرسم بعد ذلك على ورقة رسم شبكة أخرى من المربعات : أكبر أو أصغر من مربعات الخريطة الأصلية حسب ما نريد . فكما يظهر من (شكل ٣٧) ، كان طول ضلع المربع على الخريطة الأصلية ١ سم ، وفي حالة تصغير هذه الخريطة إلى النصف ، جعلنا طول ضلع المربع على الخريطة المصغرة ٢/١ سم : أما في حالة تكبير الخريطة الأصلية إلى الضعف ، فقد جعلنا طول ضلع المربع على الخريطة المكبرة ٢ سم . فإذا أردنا التصغير للربع يجب أن يكون طول ضلع



(شكل ٣٧) تصغير الخريطة أو تكبيرها بطريقة المربعات .

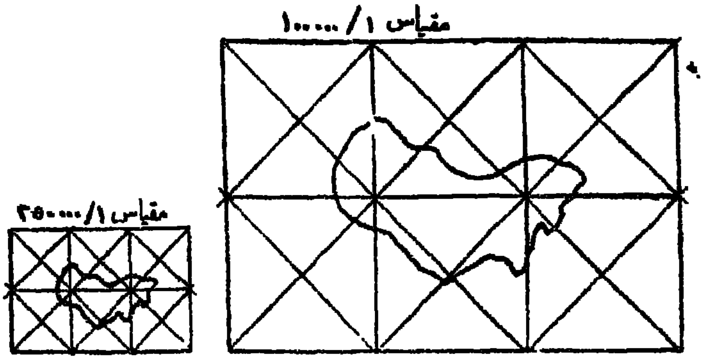
المربع ٤/١ سم ، وإذا أردنا التكبير ثلاث مرات فسوف يكون طول الضلع ٣ سم ، وهكذا .

وبعد أن يتم تخطيط الشبكة الجديدة نبدأ في نقل تفاصيل الخريطة الأصلية إلى الخريطة الجديدة بكل دقة وعناية . ولزيادة الدقة في الرسم يمكن أن نزود شبكة المربعات في الحالتين بشبكة أقطار فوقها – أي نرسم قطري كل مربع – كما في (شكل ٣٨) .

ويجب حين نستخدم هذه الطريقة أن نضع في الاعتبار حجم الرموز الاصطلاحية (كالرموز التي تدل على المستشفيات والجوامع والكنائس والمدارس والطرق والكباري في الخرائط الطبوغرافية) . وكقاعدة عامة عندما نكبر خريطة ، ألا نكبر عرض الطرق ومعظم الرموز الاصطلاحية(إلا إذا كان التكبير عظيماً جداً)، ذلك لأن معظم هذه الزمور مبالغ فيحجمها بالفعل على الخرائط – حتى الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١٠٠,٠٠٠/١ . وعلى العكس من ذلك في حالة التصغير ، يجب أن نعمم بعض التفاصيل : بل وقد نلغيها أيضا .

تغيير مقياس الكسر البياني بطريقة المربعات :

ما ذكرناه حتى الآن من حيث تصغير الخريطة إلى النصف أو تكبيرها إلى الضعف أمر هين ولمجرد التدريب فقط ، فالمسألة ليست بهذه السهولة دائما . إذ كثيراً ما تكون لدينا خريطة بمقياس معلوم من نوع الكسر البياني ، ونريد تكبيرها أو تصغيرها إلى مقياس معين آخر . كما قد يحدث أن تكون لدينا خريطة بمقياس معين ونريد أن نضم إليها خريطة مكملة لها ولكنها بمقياس رسم آخر ، فكيف نتصرف إذن للتوفيق بين الخريطتين وتوحيد مقياسهما ؟ في مثل هذه الأحوال يجب أن نجري بعض العمليات الحسابية البسيطة ، ويجب أن نستخدم مقاييس الرسم في صورة كسورها البيانية



(شكل ٣٨) إضافة شبكة أقطار المربعات إلى شبكة المربعات يساعد على دقة الرسم في تصغير الخرائط أو تكبيرها .

ولدينا مثال في (شكل ٣٨) . فهنا خريطة أصلية بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ . ونريد تصغيرها إلى مقياس ١/٢٥٠,٠٠٠ . فكم سيكون طول ضلع مربع الخريطة المصغرة ؟ هذا سوف يعتمد على طول ضلع المربع في الخريطة الأصلية ، وهو ما نختاره نحن بحيث يكون مناسبا . في هذه الحالة نتبع الخطوات التالية :

طول ضلع المربع على خريطة مقياس $\frac{١}{١٠٠ ٠٠٠}$ = ٢٠ مم (إختيارنا نحن)

∴ طول ضلع المربع على خريطة مقياس $\frac{١}{٢٥٠,٠٠٠}$ = (س) مم

∴ (س) = $\frac{١ \times ٢٠ \times ١٠٠,٠٠٠}{٢٥٠,٠٠٠ \times ١}$ = ٨ مم

وبذلك نرسم شبكة مربعات الخريطة الجديدة والمناسبة لمقياس ١/٢٥٠,٠٠٠ بحيث يكون طول ضلع مربع الشبكة ٨ مم ، وننقل تفاصيل الرسم كما ذكرنا .

مثال آخر : خريطة بمقياس رسم ١/١٢٥,٠٠٠ ، لها تتمة في خريطة أخرى بمقياس ١/٨٠,٠٠٠ . والمطلوب ضم الخريطتين ورسمها بطريقة المربعات بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .

الحل : في هذه الحالة سيكون مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ هو الأساس ونختار له نحن طول ضلع المربع في شبكته ، ونقول :

إذا كان طول ضلع المربع في مقياس $\frac{١}{١٠٠\,٠٠٠}$ = ١٥ مم

∴ طول ضلع المربع في مقياس $\frac{١}{١٢٥\,٠٠٠}$ = (س) مم

∴ (س) = $\frac{١ \times ١٥ \times ١٠٠\,٠٠٠}{١٢٥\,٠٠٠ \times ١}$ = ١٢ مم

ونستمر بنفس الاختيار بالنسبة للخريطة الثانية ، ونقول :

إذا كان طول ضلع المربع في مقياس $\frac{١}{١٠٠\,٠٠٠}$ = ١٥ مم

∴ طول ضلع المربع في مقياس $\frac{١}{٨٠\,٠٠٠}$ = (س) مم

∴ (س) = $\frac{١ \times ١٥ \times ١٠٠\,٠٠٠}{٨٠\,٠٠٠ \times ١}$ = ٣/٤ ١٨ مم

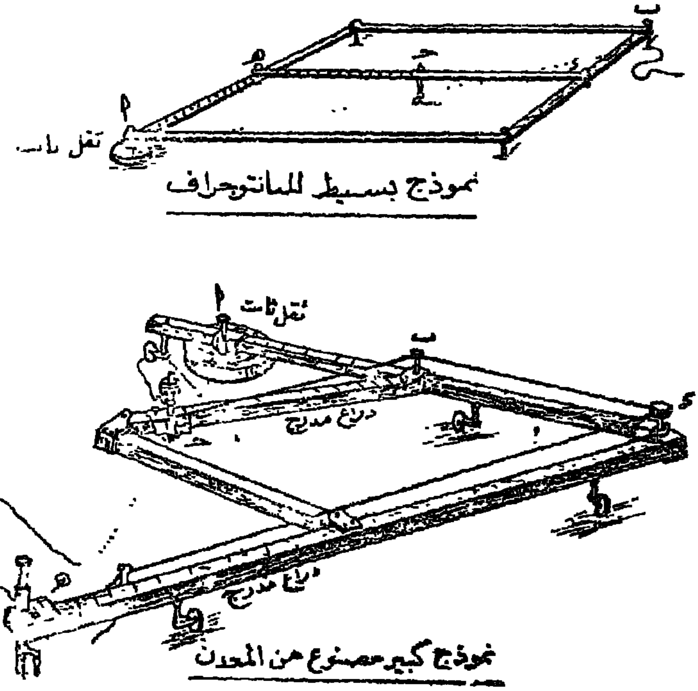
وهكذا نرسم شبكة مربعات على الخريطة الأولى (١/ ١٢٥,٠٠٠) طول ضلع المربع فيها ١٢ مم ، ونخطط إلى جوارها شبكة مربعات أخرى طول ضلع المربع فيها ١٥ مم ، وذلك لكي نكبر عليها هذه الخريطة الأولى إلى مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .

ونقوم بنفس العمل بالنسبة للخريطة الثانية (١/ ٨٠,٠٠٠) ، إذ نرسم عليها شبكة مربعات طول ضلع مربعها ٣/٤ ١٨ مم ، ونخطط إلى جوارها على ورقة أخرى شبكة مربعات جديدة طول ضلع المربع فيها ١٥ مم ، وذلك لكي نصغر عليها هذه الخريطة الثانية إلى مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .

وبعد أن تتم عملية الرسم في الحالتين بالمقياس الجديد (١/ ١٠٠،٠٠٠) ؛ نضم الخريطتين الجديدتين إلى بعضهما ، وسنجد – إذا كان الرسم دقيقا – أنهما متوافقتان تماما .

٢ – جهاز البانتوجراف : Pantograph

ظل البانتوجراف حتى وقت قريب أكثر أنواع الأدوات الآلية استخداماً في تصغير وتكبير الخرائط . والبانتوجراف ابتكار قديم . ويتكون أبسط أنواعه من أربعة أضلاع متساوية الطول ومصنوعة من الخشب عادة ، وهي سهلة الحركة عند أطرافها ، ويتكون منها شكل متوازي الأضلاع ، يثبت في أحد أركانه ثقل ثابت (ا) (أنظر الرسم الأعلى من شكل ٣٩) . وفي الركن



(شكل ٣٩) جهاز البانتوجراف لتصغير الخرائط أو تكبيرها .

المقابل للثقل يثبت قلم رصاص (ب) . وفي منتصف الشكل يثبت ذراع (د هـ) عليه ثقوب أولها في منتصف الذراع ويثبت فيه قلم حديدي (جـ) ، بحيث إذا وضعنا خريطة وتبعنا خطوطها بهذا القلم الحديدي . يرسم القلم الرصاص في الجانب الآخر نفس الخريطة مكبرة بمقدار الضعف . وإذا عكست وضع القلمين (أي نضع القلم الرصاص في الوسط . والقلم الحديدي في الطرف المقابل للثقل) . فسوف يرسم القلم الرصاص في المنتصف نفس الخريطة مصغرة إلى النصف .

ويمكن تغيير وضع الذراع الأوسط حسب نسبة التكبير أو التصغير المطلوبة . ويترتب على هذا أيضا تبادل مكاني القلم الرصاص والقلم الحديدي . والمهم عند تحريك هذا الذراع وضبطه أن تكون نقطة الثقل الثابت والقلم الحديدي والقلم الرصاص كلها على خط مستقيم واحد . ويتضح من كل هذا أن فكرة البانتوجراف تقوم على الأشكال المتوازية الأضلاع .

ويعتبر النموذج الخشبي أبسط وأرخص أنواع البانتوجراف وهناك أنواع أخرى أكبر وأدق ومصنوعة من المعدن . ولذلك فهي غالية الثمن . ومن أمثلتها الجهاز المبين في الرسم الأسفل من (شكل ٣٩) . وهو مصنوع من المعدن على شكل مثلثين متوازيين . أحدهما صغير (ا ب جـ) . والآخر كبير (ا د هـ) . كما تزود مثل هذه الأنواع الكبيرة والثقيلة بعجلات لتقليل الاحتكاك الذي يحدث لمفاصل الجهاز عند تحريكه أثناء عملية الرسم . وقد دُرج الذراعان (د هـ ، ب جـ) بالنسبة لوضعي (جـ ، هـ) وهما قطعتان معدنيتان لتثبيت كل من القلمين ، كما أنهما ينزلقان على طول ذراعيهما حسب نسبة التصغير أو التكبير التي نريدها . وقد كُتب على الساقين المدرجين القيم المختلفة لهذه النسب . ويمكن الإستعانة عند استعمال الجهاز بالكتيب الصغير الموجود في علبته والذي يحوي التعليمات الخاصة بطريقة استخدامه .

والبانتوجراف أداة مفيدة في تصغير أو تكبير الخرائط البسيطة والتي نريد

اتمامها بسرعة ، وهو مفيد بصفة خاصة في حالة التصغير . أما في حالة التكبير فيتطلب الأمر دقة متناهية من الكرتوجرافي ؛ لأن أي اختلال طفيف في حركة اليد سوف يظهر كبيراً ومبالغاً فيه . وعلى العموم ، ينبغي ألاّ نكبر الخريطة بهذا الجهاز أكثر من أربع مرات ، تجنباً للمبالغة في اهتزازات اليد غير المقصودة .

ولقد كان البانتوجراف ضمن أدوات الرسم المهمة في مرسم الكرتوجرافي قبل التوصل إلى فكرة تصغير وتكبير الخرائط بالتصوير الفوتوغرافي . أما الآن فقد قل استخدام البانتوجراف كثيراً ، وبذلك فقد أهميته السابقة .

مراجع الفصل السادس

١ - Monkhouse, F.J. and Wilkinson (1971), Maps and Diagrams, 3rd ed., London.

٢ - Singh, R. and Kanaujia, L.R. (1963), Map-Work and Practical Geography. Central Book Depot : Allahabad.

٣ - Speak, P. and Carter, A.H. (1964), Map Reading and Interpretation, Longmans : London, 70 pp.

الفصل السابع

خرائط التضاريس

يعني مصطلح « التضاريس Relief » الشكل الحقيقي لسطح الارض الناتج عن الاختلافات في الارتفاع والانحدار ويتمثل اهتمام الجغرافي بالتضاريس في ثلاثة عناصر رئيسية هي : الانحدار slope . والارتفـــاع height ، ثم الشكل shape – أي شكل سطح الأرض المتكون عن الارتفاعات والزوايا .

ويعتبر تمثيل الظاهرات التضاريسية ، كالجبال والهضاب والجروف والوديان من أبرز المشكلات الرئيسية في الكرتوجرافيا . وتكمن الصعوبة الأساسية في أننا قد إعتدنا أن نرى الجبال من أسفل ، ولم نألف رؤية مظهرها من أعلى فحينما ننظر من طائرة رأسيا إلى أسفل . لا نستطيع أن نتعرف حتى على الجبال المتوسطة الحجم ، ولعل الصورة الجوية المأخوذة رأسياً تثبت هذه الحقيقة .

ولقد كان تمثيل الجبال على الخرائط من التطورات الأخيرة التي شهدها علم الكرتوجرافيا . فحتى منتصف القرن الثامن عشر الميلادي كانت الجبال تمثل على الخرائط برسم صفوف من التلال التصويرية التي تبدو كأقمـــــاع السكر أو القباب ، ونادراً ما كانت ترسم بالنسبة لإرتفاعاتها . فلم يكن الارتفاع الدقيق لهذه الجبال قد عرف بعد ؛ وإنما أتيحت المعلومات الدقيقة عن هـــذه الارتفاعات بعد تحسين جهاز التيودوليت وتطور عمليات المساحة . وكان التقدم

بطيئاً في اول الامر ؛ ففي بداية القرن التاسع عشر ، عدّد « همبولت » نحو ١٢٠ قمة فقط كان قد قيس ارتفاعاتها في العالم كله .

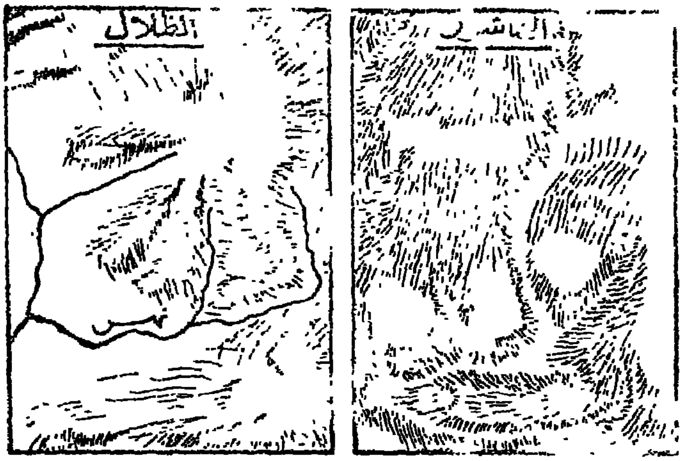
وهناك طرق كثيرة ومتنوعة لتمثيل سطح الأرض على الخريطة ، ولكنها على كل حال تختلف تبعاً لمقياس رسم الخريطة . فعلى الخرائط الصغيرة المقياس ، تُعمم كل مظاهر التضاريس ؛ ورغم أن مواقع ومساحات هذه الظاهرات ترسم صحيحة ؛ إلا أن صفاتها وخصائصها المميزة لا تظهر بشكل واضح . أما على الخرائط كبيرة المقياس (الطبوغرافية مثلا) فتصبح كل هذه الأشياء مهمة ؛ فإلى جانب ظهور مواقع ومساحات الظاهرات التضاريسية بشكل صحيح . تظهر خصائص هذه الظاهرات أيضاً بشكل واضح وذلك عن طريق بيان الانحدارات السائدة . كذلك يظهر الارتفاع بشكل دقيق على الخرائط كبيرة المقياس .

ورغم تعدد وتنوع طرق تمثيل ظاهرات سطح الأرض ، إلا أن معظم هذه الطرق عبارة عن اشتقاقات أو « تحريجات » من ثلاثة أساليب فنية أساسية هي :

١ — طريقة الهاشور : Hachuring

الهاشور عبارة عن خطوط صغيرة ترسم بجوار بعضها البعض في إتجاه الانحدار (أي في إتجاه خطوط تصريف المياه) . وعادة ما يتناسب سُمك وكثافة خطوط الهاشور مع شدة الانحدار . وكان الكوتوجرافي «ليمان Lehmann » — والذي كان ضابطاً في جيش النمسا — قد طور في سنة ١٧٩٩ مقياساً دقيقاً لسمك خطوط الهاشور ويتناسب تماما مع درجة الانحدار ، بحيث يظهر أي انحدار يزيد على ٤٥° أسوداً تماماً على الخريطة — أي تتلاصق الخطوط إذا زاد الإنحدار على هذه الدرجة (شكل ٤٠) .

وقد أثبتت طريقة الهاشور فائدتها العملية في الخرائط الطبوغرافية العسكرية



(شكل ٤٠) إستخدام طريقة الهاشور وطريقة الظلال في تمثيل الظاهرات التضاريسية على الخرائط .

آنذاك ؛ واستمر استخدامها قرابة قرن من الزمان . ثم قل استخدام الهاشور في الخرائط نتيجة تطور طرق أخرى أكثر دقة ، وكذلك نتيجة أوجه النقص التي تكشفت في هذه الطريقة . فمن أهم عيوب طريقة الهاشور أن رسمها يتطلب درجة عالية من الرسم المتقن . وحتى إذا تم ذلك فكثيرا ما يطغى تظليلها الكثيف على كثير من تفاصيل الخريطة . كذلك لا تبين طريقة الهاشور الارتفاع المطلق حينما نريد التمييز بين ارتفاع نقطة وأخرى على سطح الأرض . كما أنها لا تفرق بين السطوح المستوية في المرتفعات والمنخفضات — إذ تظهر الأرض المستوية في الحالتين كمناطق بيضاء لا تتضمن أي تهشير . ولهذا نادراً ما تستخدم طريقة الهاشور بمفردها ، ولكنها تستخدم إلى جانب طرق التمثيل الأخرى . خصوصا في المناطق الجبلية الوعرة . وتتمثل أهم مميزات طريقة الهاشور في أنها تعكس انحدار سطح الأرض بشكل تجسيمي واضح . ولكنها لا تشبه طريقة خطوط الكنتور في دقتها ، فهي طريقة تصويرية فقط وتعطي الإحساس بمدى تعقد التضاريس — ولكن ليس على أساس مساحي دقيق كما في حالة الكنتور .

٢ ـ طريقة الظلال : Hill-shading

ويسمي الأمريكيون هذه الطريقة بالتظليل التشكيلي plastic shading . وتتلخص طريقة الظلال في افتراض وجود مصدر ضوئي قريب من سطح الأرض ويشع ضوءه من جهة الشمال الغربي عادة ، وبالتالي ستكون كل المنحدرات المواجهة للشرق والجنوب في الظل ـ أي بلون داكن (شكل ٤٠) . وقد تطورت هذه الطريقة الحديثة كبديل لطريقة الهاشور ، وذلك بسبب سهولة التعميم وطبع الخرائط المرسومة بهذه الطريقة الحديثة . وتبدو الخريطة المرسومة بطريقة الظلال كصورة للمنطقة التي تمثلها حينما تتعرض لمصدر ضوئي مائل (جانبي) . ولكن يعيب هذه الطريقة أن الظلال الداكنة في المناطق الجبلية قد تطغي على التفاصيل الأخرى بالمنطقة ـ تماما كما في حالة استخدام طريقة الهاشور . وفي الوقت الحاضر نادراً ما تستخدم طريقة الظلال بمفردها وإنما قد تستخدم مقترنة بطرق أخرى أكثر أدقة مثل خطوط الكنتور .

٣ ـ طريقة خطوط الكنتور : Contouring

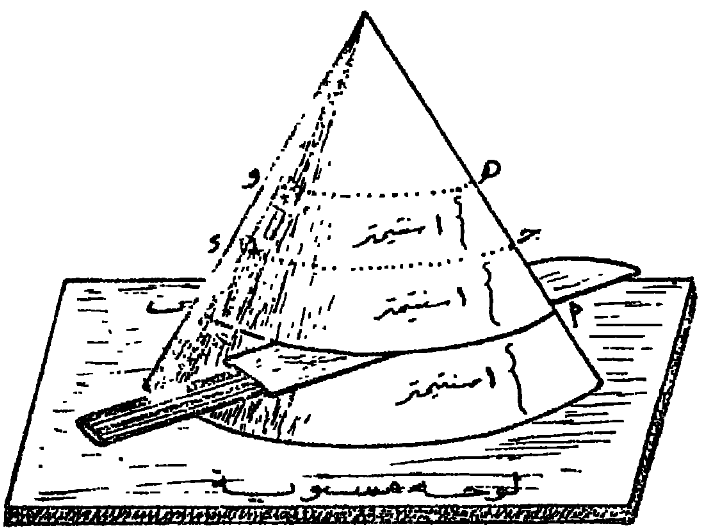
خط الكنتور هو الخط الذي يربط النقط المتساوية الارتفاع على سطح الأرض . وقد أمكن بإستخدام طريقة الكنتور التغلب على معظم أوجه النقص في طرق تمثيل السطح القديمة . فمن حيث امكانية الدقة ، لا نجد هناك طريقة لتمثيل السطح يمكن أن تناظر خط الكنتور . وطريقة الكنتور لا تمكن الإنسان من أن يتصور شكل سطح الأرض بأبعاده الثلاثة فحسب . وإنما تمكنه أيضاً من استنتاج العديد من البيانات والمعلومات المفيدة من شكل خطوط الكنتور وأنماطها ، مثل الإرتفاع ودرجة الانحدار والحافات الفقرية والأخاديد والسهول المستوية وغيرها من مظاهر سطح الأرض . وكان الكرتوجرافيون قد توصلوا إلى أسلوب خط الكنتور في أواسط القرن الثامن عشر ، وظهر استخدامه أولاً في تمثيل خطوط الأعماق في الأنهار والبحار ، ثم في تمثيل سطح الأرض اليابس بعد ذلك ـ في حوالي سنة ١٧٤٩ .

ولما كان سطح الأرض وثيق الصلة بحياة الإنسان ، وكانت طريقة الكنتور هي أبرز وأعظم طرق تمثيل هذا السطح ، فقد كان من الضروري أن نخصص الجزء الأعظم من هذا الفصل لدراسة هذه الطريقة والتعرف على خصائصها العـــامة .

طريقة الكنتور

مفهوم خط الكنتور :

ينتمي خط الكنتور إلى مجموعة الرموز الكرتوجرافية التي تعرف باسم « خطوط التساوي » isarithms or isolines ، وخط التساوي هو الخط الذي تتساوى على طوله نفس القيمة لظاهرة معينة على الخريطة : مثل خط الحرارة المتساوي ، وخط المطر المتساوي ، وخط الإرتفاع المتساوي (الكنتور) ..إلخ . فخط الكنتور إذن هو الإسم الشائع عالميا لخط التساوي الذي يربط كل النقط المتساوية الإرتفاع فوق مستوى مقارنة معين مثل مستوى سطح البحر .

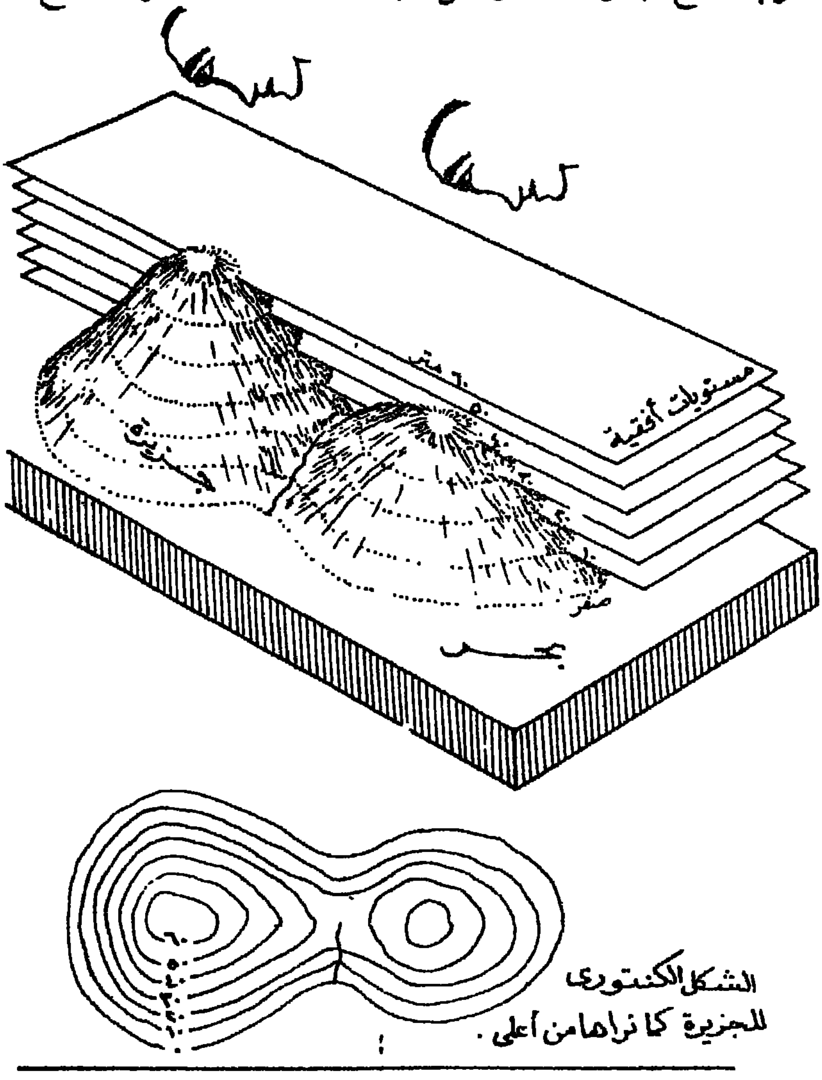


(شكل ٤١) رسم تخطيطي لتوضيح فكرة خطوط الكنتور

ولتوضيح فكرة خطوط الكنتور ، نفرض أن لدينا قطعة من الطين اللين على شكل هرم مستدير أو مخروط (شكل ٤١) موضوع على لوحة مستويـــة . ونريد أن نقطع هذا الهرم على مسافات متساوية وموازية لسطح اللوحة المستوي ، ولتكن هذه المسافات على بُعد سنتيمتر مثلا . نأتي بعد ذلك بسكين ونقطع بها الهرم عند مستوى هذه المسافات المتساوية – كما في شكل ٤١ . ماذا نلاحظ ؟ سوف نلاحظ أن قطع السكين قد صنع خطاً دائرياً يحيط بسطح الهرم ، بحيث يمر الخط الأول منها (ا ب) بكل النقط التي تبعد عن مستوى سطح اللوحـــة بمقدار سنتيمتر واحد ؛ كذلك نلاحظ أن الخط الذي يليه (جد) يمر بكل النقط التي تبعد عن مستوى سطح اللوحة بمقدار ٢ سنتيمتر ؛ والخط الثالث يمر بكل النقط الواقعة على سطح الهرم الخارجي والتي تبعد عن مستوى سطح اللوحـــة بمقدار ٣ سم .. وهكذا إلى أن تصل إلى قرب قمة الهرم . مثل هذه الخطوط هي ما نسميها خطوط الكنتور ؛ فخط الكنتور الأول هو خط كنتور ١ سم ، والثاني خط كنتور ٢ سم ، والثالث خط كنتور ٣ سم ، وهكذا . فإذا أردنا أن ننقل هذه الخطوط الكنتورية من الشكل الهرمي المجسم إلى سطح الورقة المستوي – وهي ورقة الخريطة – ننظر عموديا من أعلى قمة الهرم ، وسوف نرى أن هذه الخطوط الدائرية تبدو لنا كدوائر متداخلة في بعضها البعض . وكلها على مستوى واحد . وحين نرسم هذه الدوائر المتداخلة على سطح ورقة الخريطة ، تظهر أمامنا الخريطة الكنتورية لهذا الهرم ، ونقول في هذه الحالة أننا « أسقطنا الخطوط الكنتورية للشكل المجسم (ذي الأبعاد الثلاثة) على سطح الخريطة المستوى (ذي البعدين فقط) » .

نفس الشيء نتخيله في الطبيعة . فشكل ٤٢ يوضح جزيرة تتكون من تلين (أي يمثلان هرمين كما في المثال السابق) يحيط بهما البحر – الذي يمثل مستواه مستوى اللوحة في المثال السابق . وسطح البحر يمثل منسوباً معيناً نسميه عـــادة مستوى المقارنة datum ، ونقيس منه الإرتفاعات التي تقع فوقه ؛ كما نقيس منه أيضاً الأعماق التي تقع تحت مستواه . فإذا اعتبرنا مستوى سطح البحر يمثل

صفراً ، وتصورنا عدة مستويات أفقية موازية له (كما لو كانت مجموعة من السكاكين كما في المثال السابق) تقطع سطح الجزيرة على أبعاد متساوية مـــن منسوب سطح البحر ، مقدار كل منها ١٠ متر مثلاً ، فسوف تقطع هـــذه



(شكل ٤٢) رسم خيالي لمستويات أفقية تقطع سطح جزيرة على مسافات منتظمة ، ثم الشكل الكنتوري لسطح الجزيرة .

المستويات سطح الجزيرة على ارتفاع كل عشرة أمتار من سطح البحر . وقد مثلنا خطوط التقاطع هذه بخطوط من النقط تحيط بسطح الجزيرة لمجرد التوضيح. وإذا نظرنا من أعلى الجزيرة وتصورنا إسقاط هذه الخطوط النقطية على سطح ورقة الخريطة . فسوف يظهر أمامنا الشكل الكنتوري لهذه الجزيرة — وهو الشكل المبين في أسفل شكل ٤٢ .

خط الكنتور إذن هو خط وهمي ، يمر بالإرتفاعات المتساوية فوق مستوى معين ، هو عادة مستوى سطح البحر .

رسم خطوط الكنتور على الخرائط :

يتم رسم خطوط الكنتور على الخرائط بإحدى الطريقتين التاليتين : (١) توقيع خطوط الكنتور من الصور الجوية بواسطة أجهزة التجسيم الدقيقة stereo-plotters وهـــذه طريقة حديثة وسريعة وقد أشرنا إليها في الفصل الثاني . ولا يتضمن ميدان هذا الكتاب دراسة هذه الطريقة المعقدة . (٢) أما الطريقة الأخرى فهي الطريقة التقليدية في رسم خطوط الكنتور في الحقل نفسه بمساعدة رصد مجموعة متناثرة من نقط المناسيب spot heights نتيجة عمليات المساحة الأرضية . وهذه هي الطريقة التي تهمنا في مجال دراستنا الحالية .

ففي عملية المساحة الأرضية . يستخدم المسّاح الأجهزة المساحية الدقيقة الخاصة بتعيين نقط الإرتفاع على سطح الأرض . مثل جهاز التيودوليت . وحين يرصد مجموعة من هذه النقط — نقط المناسيب — ويعين ارتفاعها فوق مستوى سطح البحر . يمكنه بعد ذلك أن يوصل النقط المتساوية الإرتفاع بخطوط الإرتفاعات المتساوية . وهي التي نسميها خطوط الكنتور Contours .

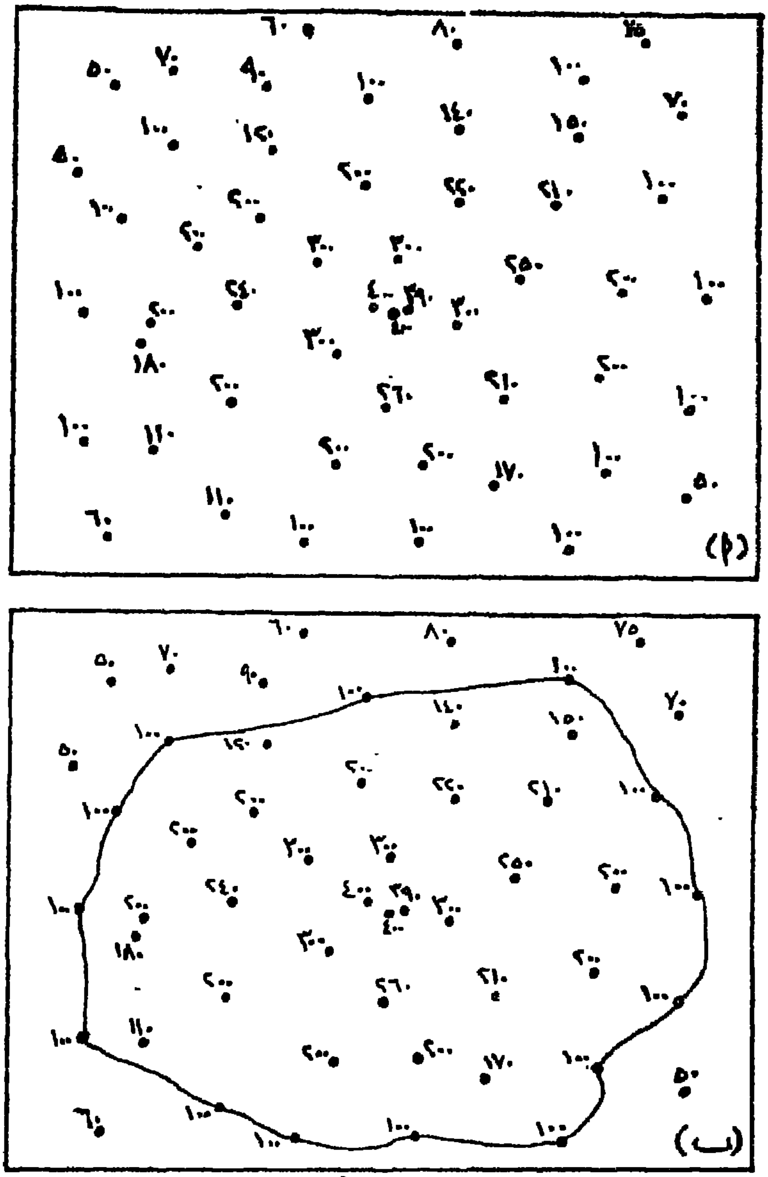
ويوضح شكلا ٤٣ . ٤٤ رسم خطوط الكنتور بهذه الطريقة . ففي الرسم الأعلى (ا) من شكل ٤٣ ، وقّع المسّاح مجموعة من نقط المناسيب في منطقة معينة من سطح الأرض . ثم درس مناسيب هذه النقط ووجد أن معظمها يصل

ارتفاعه إلى ١٠٠ متر أو أكثر . فبدأ أولا بتحديد خط كنتور ١٠٠ متر . وذلك بأن وصل النقط التي تصل إلى هذا المنسوب بخط كنتوري (أنظر الرسم ب من شكل ٤٣) . ثم تابع توصيل خطوط الكنتور الأخرى بفارق ١٠٠ متر — أي تابع رسم خطوط كنتور ٢٠٠ متر ، و ٣٠٠ متر ، و ٤٠٠ متر (جـ من شكل ٤٤) . وبعد ذلك نقل هذه الخطوط إلى ورقة أخرى ، تمثل الخريطة الكنتورية النهائية لهذه المنطقة الممسوحة (انظر الرسم د من شكل ٤٤) — التي ظهرت على شكل تل يرتفع فوق سطح البحر بين ١٠٠ و ٤٠٠ متر تقريباً

إدراج أو حشو خطوط الكنتور :

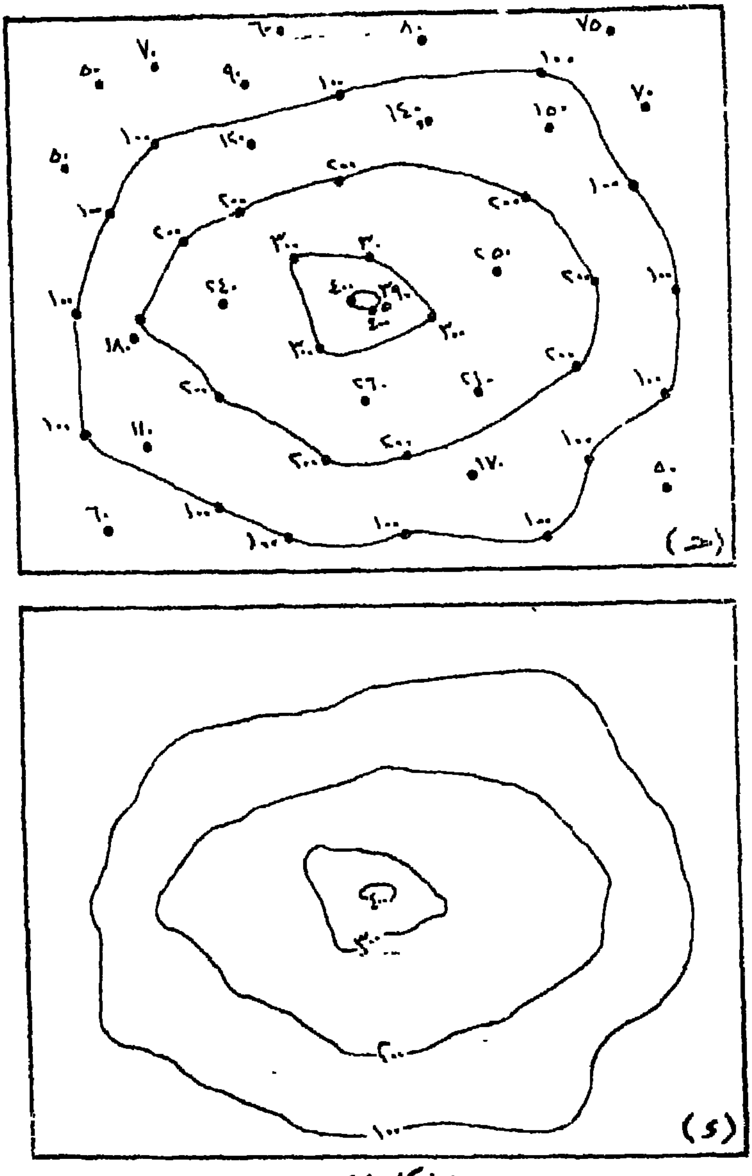
تؤلف نقط المناسيب التي نوقعها على سطح الأرض ، السلسلة أو العينة التي نرسم على أساسها خطوط الكنتور لبيان أشكال ظاهرات سطح الأرض من تلال وحروف وهضاب ووديان . ولكننا كثيراً ما نحتاج إلى معرفة عدد كبير من نقط الإرتفاع التي تتوسط نقط المناسيب التي تم رصدها بالفعل . وذلك لكي تمرر بهذه النقط « المتوسطة » خط كنتور معين نريد إظهاره على الخريطة . وتسمى عملية تقدير قيمة النقط المتوسطة بين نقط المناسيب باسم الحشو أو الإدراج interpolation . وبالتالي تسمى عملية رسم خطوط الكنتور — أو أي خطوط تساوي أخرى — بعملية حشو أو إدخال الخطوط .

وتعتمد عملية تقدير قيمة النقطة المتوسطة على المسافة الخطية بين نقطتين من نقط المناسيب . ويوضح (شكل ٤٥) هذه المسألة ففي هذا الشكل ثلاث من نقط المناسيب (أ ، ب ، جـ) ، إرتفاعها على التوالي ٤٤ ، ٥٦ ، ٥٩ متراً ، ونريد أن ندخل بين هذه النقط خطوط كنتورية بفارق ثابت (كل خمسة أمتار مثلا) . وبالتالي ستكون الخطوط المرغوب رسمها هي ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ متراً . فلكي ندرج خط الكنتور ٥٠ متراً مثلا بين نقطتي المنسوب ٤٤ ، ٥٦ . نتصور خطاً مستقيماً بين هاتين النقطتين ، ونقسم هذا المستقيم إلى أقسام متساوية حسب الفرق بين هاتين النقطتين — ففي حالة النقطتين ٤٤ ، ٥٦ . سوف نقسم



(شكل٤٣) (أ) عدد من نقط المناسيب حُدد إرتفاع كل منها بالمتر عن طريق المساحة الأرضية.

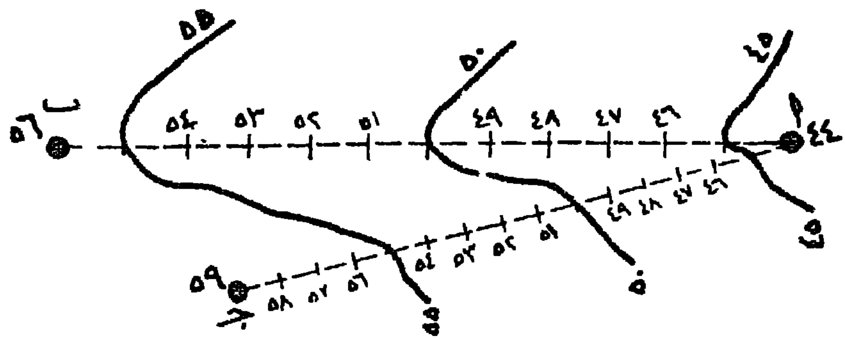
(ب) إستنتاج خط كنتور ١٠٠ متر . ويلاحظ من رسمه أن جميع النقط الواقعة خارجة يقل إرتفاعها عن ١٠٠ متر .



(شكل ٤٤)

(جـ) إستنتاج ورسم بقية خطوط الكنتور : ٢٠٠ ، ٣٠٠ ، ٤٠٠ متر .

(د) الصورة النهائية للخريطة الكنتورية الخاصة بهذه المنطقة .



(شكل ٤٥) طريقة رسم خطوط الكنتور بين نقط مناسيب مختلفة : (نقط أ ، ب ، حـ) .

الخط بينهما إلى ١٢ قسما متساويا (وهو الفرق بين النقطتين) ، ونحدد على هذا الخط موقع القيم المتوسطة وهي خطوط كنتور ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ التي نريد إدخالها بين نقطتي المنسوب الأصليتين . ونتابع نفس العملية بين نقط المناسيب الأخرى ، إذ سنقسم الخط الممتد بين نقطتي ٤٤ ، ٥٩ إلى ١٥ قسماً متساويا ، ونمرر بينهما نفس خطوط الكنتور التي نريد رسمها ، وهكذا .

وفي كثير من الحالات التي لا تتوفر فيها بيانات مناسبة عن الارتفاع — أي يقل فيها عدد نقط المناسيب التي تُرصد في الحقل نفسه — نرسم خطوط الكنتور على هدى تحديد القيم المتوسطة التي أشرنا تواً إلى طريقة تعيينها ، وفي هذه الحالة تسمى مثل هذه الخطوط المتوسطة : **خطوط الهيئة** (أو خطوط الشكل) **form lines** وخط الهيئة هو في الواقع خط كنتور ولكنه يرسم تقديريا وليس نتيجة المسح الدقيق في الحقل ؛ ومن ثم لا ينبغي أن نقرأ منه الإرتفاع الدقيق ، فوظيفة خط الهيئة هي مجرد المساعدة في تحديد الأشكال الأرضية كالهضاب والتلال .

الفاصل الرأسي بين خطوط الكنتور :

الفاصل الرأسي — ويسمى أيضا الفاصل الكنتوري contour interval — عبارة

عن الفرق في الارتفاع الرأسي بين كل خط كنتور وآخر . ويعتمد اختيار الفاصل الرأسي على مجموعة من العوامل . أهمها مقياس رسم الخريطة وكمية التضاريس ودقة عملية المساحة . فكلما كبر مقياس رسم الخريطة ، أمكن رسم عدد أكبر من خطوط الكنتور ، وبالتالي يكون الفاصل الرأسي صغيراً ويصبح رسم التضاريس في الخريطة الكنتورية أكثر دقة وتفصيلاً . وفي الخرائط الكنتورية — أو الخرائط الطبوغرافية — الكبيرة المقياس ينبغي أن يكون الفاصل الرأسي منتظماً بقدر الإمكان ، حتى ولو أصبحت الخطوط مزدحمة في مناطق الجبال . ذلك لأن هذا الازدحام سيوضح بشكل دقيق شدة انحدار الأرض من الناحية المرئية — كما يبدو في طريقة الهاشور . أما في الخرائط الكنتورية صغيرة المقياس فيمكن استخدام فاصل رأسي متغير ، كما في خريطة العالم المليونية ، حيث نجد الفاصل الرأسي في المناطق المنخفضة صغيراً نسبياً ومنتظماً (١٠٠ — ٢٠٠ — ٣٠٠ — ٤٠٠ — ٥٠٠) ، ثم يكبر هذا الفاصل في المناطق المرتفعة ، إذ يصبح كما يلي : ٧٠٠ — ١٠٠٠ — ١٥٠٠ — ٢٠٠٠ — ٢٥٠٠ — ٣٠٠٠ — ٣٥٠٠ — ٤٠٠٠ متر .

طرق الاستفادة من طريقة الكنتور :

من أهم مزايا طريقة الكنتور أنها تسمح باشتقاق الكثير من المعلومات والبيانات الخاصة بشكل ودرجة إنحدار سطح الأرض ، وكذلك بشكل سطح الأرض نفسه ، وذلك من أنماط رسوم خطوط الكنتور من حيث تقاربها أو تباعدها على الخريطة. كما يمكننا بمساعدة الخريطة الكنتورية أن نرسم القطاعات البسيطة والمعقدة ، التي يمكن أن تكشف لنا بسهولة عن شكل الإنحدار وبيان الأجزاء المهمة لهذا الانحدار والتي قد تكون خافية عن أعيننا حينما ننظر إلى الخريطة الكنتورية وحدها . وفيما يلي سوف ندرس بعض هذه المظاهر . التي يمكن أن نستفيد بها من أي خرائط كنتورية أو طبوغرافية .

الإنحدارات ومعدل الإنحدار

أهمية الإنحدار :

تلعب الإنحدارات دوراً حيوياً في حياة أي منطقة من مناطق سطح الأرض فهي التي تحدد شكل أنماط التصريف (في الأنهار والمجاري المائية عامة) ، وهي المسئولة عن جرف التربة أو نقلها ، وبالتالي فهي تؤثر تأثيراً واضحاً في الحياة النباتية والحيوانية لمناطق الأرض المختلفة . كذلك تتأثر حياة الإنسان بالإنحدارات بشكل عظيم ، ويظهر ذلك في أمثلة عديدة . فمثلا ، تعكس أنماط استخدام الأرض **land-use patterns** التأثير الحتمي للانحدار ؛ كذلك تتحكم الإنحدارات في شكل قنوات الري وإمتداداتها ، ثم إن أنماط العمران مدينة في نشأتها ووجودها إلى درجة الإنحدار ، بل إن لانحدارات هي التي توجه طرق النقل والمواصلات إلى حد كبير . من الطبيعي إذن أن يكون لتحليل الانحدار وتمثيله الكرتوجرافي كل هذه الأهمية العظيمة .

أنواع الانحدارات :

حينما ندرس التضاريس ، نستطيع أن نعرف من خطوط الكنتور الكثير من مظاهر الانحدار ، مثل درجة الانحدار (أو معدل الانحدار) ، ثم تغير الانحدار .

وعندما ننظر إلى خريطة كنتورية دقيقة ، نلاحظ أن أول انطباعاتنا هي عادة ما يتصل بمسألة المسافة (التباعد) بين خطوط الكنتور على الخريطة . فإذا كانت هذه الخطوط متقاربة من بعضها البعض حتى تبدو كالحزمة ، فسوف يستوقف هذا النمط النظر مباشرة ؛ كذلك إذا كانت هناك مسافات كبيرة خالية من الكنتور فسوف يكون هذا النمط ملحوظاً أيضاً . فخطوط الكنتور المتقاربة كالحزمة تمثل الانحدارات الشديدة بمعنى أن ارتفاع الأرض يتغير — بسرعة فوق مسافة قصيرة من الأرض . أما قلة خطوط الكنتور أو إنعدامها فتدل على إستواء وإنبساط سطح الأرض . أما الانحدات المتوسطة التدرج ،

والتي تمثلها خطوط الكنتور المتباعدة عن بعضها بمسافات متوسطة ، فهي أقل الأنماط الملفتة للنظر ، وعادة ما تكون آخر ما تلحظها عين القارىء على الخريطة .

ويوضح التغير في المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور ، تغيراً في الانحدار نفسه . ومن هنا يمكن أن نتعرف على أربعة أنواع من الانحدارات :

١ — إنحدار منتظم uniform (متسق أو متماثل) .

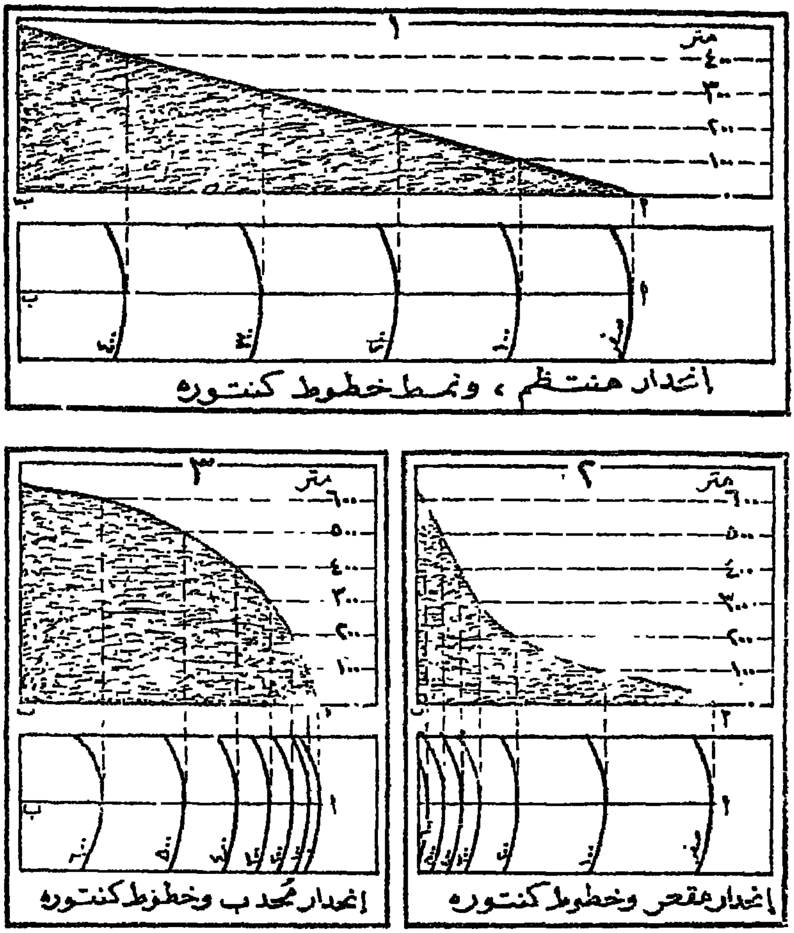
٢ — إنحدار مقعر concave

٣ — إنحدار مُحدّب convex

٤ — إنحدار متموج undulating

ففي الإنحدار المنتظم ، تكون درجة الانحدار هي نفس الدرجة على طوله ، ومن ثم يظل الانحدار متسقا ولا يتغير . وخطوط الكنتور التي تمثل هذا النمط من الإنحدار تظهر على مسافات متساوية على الخريطة ، إذ تظل المسافة بين هذه الخطوط هي نفس المسافة تقريباً على طول الانحدار المنتظم — كما يتضح من الرسم الأول في شكل ٤٦ .

أما الإنحدار المقعر ، فيتميز بانحداره الشديد في أجزائه العليا ، وانحداره البسيط نسبياً في أجزائه السفلى . وبالتالي تكون خطوط الكنتور التي تمثل هذا النمط من الانحدار متقاربة في أجزائه العليا (حيث الانحدار شديد) ، ثم تتباعد كلما اتجهنا نحو المنحدرات السفلى . ويمكن التعرف على الانحدار المقعر بسهولة على الخريطة لأن المسافة بين خطوط الكنتور تأخذ في الضيق كلما زادت قيمة أرقام خطوط الكنتور (أي بإزدياد إرتفاع سطح الأرض) ، كما يتضح ذلك من الرسم الثاني في شكل ٤٦ . ونجد أمثلة واضحة للانحدارات المقعرة في شكل خطوط الكنتور التي تمثل الأودية الفسيحة ، وكذلك الأودية المعلقة hanging valleys التي توجد في مناطق الجليد والثلوج .



(شكل ٤٦) أشكال من إنحدار سطح الأرض، ونمط خطوط كنتورها .

أما الإنحدار المحدب ، فعلى العكس من الانحدار المقعر . إذ تتباعد خطوط الكنتور التي تمثل الإنحدار المحدب في أجزائه العليا حيث يكون الانحدار بسيطاً ، بينما تتقارب هذه الخطوط كلما اتجهنا إلى الأجزاء السفلى حيث يكون الإنحدار شديداً نسبياً . وهذا يعني أن درجة الإنحدار تكون أعظم في المنحدرات السفلى من الانحدار المحدب . ومن ثم يمكن التعرف بسهولة على نمط الانحدار المحدب

إذا تذكرنا أن المسافة بين خطوط الكنتور تتزايد مع تزايد قيمة أرقام خطوط الكنتور (أي مع تزايد ارتفاع سطح الأرض) — كما يظهر من الرسم الثالث في شكل ٤٦ . ونجد أوضح أمثلة الإنحدار المحدب في منحدرات التل القباني — أي التل الذي يبدو على شكل « قبة dome » .

أما الإنحدار المتموج فتتعدد فيه جميع أنواع الانحدارات المختلفة التي أشرنا إليها ، وهو ظاهرة عامة وشائعة في الطبيعة التي لا تعترف بالقياس الموحد . ومن ثم تكون المسافات بين خطوط الكنتور في الانحدار المتموج متغيرة وليست على نمط ثابت أو مطرد .

وقد يحدث أحيانا : وبخاصة على طول الساحل في بعض المناطق الصخرية ، أن تكون الإنحدارات هاوية لدرجة أنها تكون عمودية فعلا . وفي هذه الحالة نلاحظ أن خطوط الكنتور التي تمثل الإرتفاع بين قمة الجرف القائم وحضيضه . تتطابق وتتحد في خط واحد على الخريطة الكنتورية (أنظر نمط خطوط الكنتور الذي يمثل الجرف في شكل ٥٠) . وهناك أيضاً الكثير من الإنحدارات الشديدة ولكنها ليست عمودية تماما ، وهذه تمثلها حزمة من الخطوط المتقاربة جداً لحد التلامس تقريبا ؛ وكثيراً ما نجد أمثلة واضحة هذه الانحدارات الشديدة في الجروف البحرية cliffs .

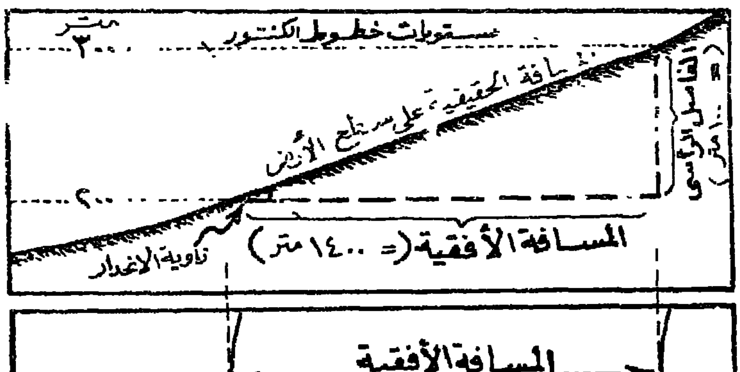
طرق التعبير عن الإنحدار :

هناك عدة طرق للتعبير عن انحدار سطح الأرض رياضياً (حسابياً) . وذلك إما عن طريق معرفة معدل الإنحدار gradient . أو معرفة زاوية الانحدار بالدرجات . أو إيجاد النسبة المئوية للإنحدار . ولكن كل هذه الطرق هي أساساً عبارة عن أشكال مختلفة للنسبة بين الفاصل الرأسي vertical interval (أي الفاصل الكنتوري) والمسافة الأفقية horizontal equivalent . وقد سبق أن أشرنا إلى الفاصل الرأسي في الخريطة الكنتورية . أما **المسافة الأفقية** فهي عبارة عن المسافة بين أي خطين من خطوط الكنتور في المستوى الأفقي — أي على

سطح الخريطة — ونقيسها عادة بالسنتيمتر بواسطة المسطرة . والمسافة الأفقية على الخريطة نعتبرها بمثابة المسافة الحقيقية المحصورة بين خطين من الكنتور على سطح الأرض . ولكن يجب أن نلاحظ أن الأرض الحقيقية بين خطين من الكنتور منحدرة ، ومن ثم فان المسافة على الأرض أكبر قليلا من المسافة الأفقية (التي تمثلها) على الخريطة . ويمكن ملاحظة ذلك من الرسم الأعلى في شكل ٤٧ حيث يتضح أن المسافة الحقيقية على سطح الأرض المحصور بين مستوى خطي كنتور ٢٠٠ ، ٣٠٠ متر أكبر قليلا من « المسافة الأفقية » المقاسة بين هذين الخطين على الخريطة . وعموماً يمكن إهمال الخطأ النسبي بين هاتين المسافتين — إلا في حالة المنحدرات الشديدة حيث يكون الفرق بينهما كبيراً .

وفيما يلي أهم طرق التعبير عن انحدار سطح الأرض :

(ا) **معدل الإنحدار :** معدل الإنحدار عبارة عن النسبة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقيه على الخريطة — مع ملاحظة توحيد وحدات القياس في طرفي كسر هذه النسبة ، واختزال قيمة الفاصل الرأسي (أي بسط الكسر) إلى واحد صحيح



(شكل ٤٧) معرفة معدل الإنحدار من النسبة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية في الخريطة الكنتورية ، ومعدل الانحدار في هذه الخريطة هو ١/١٤

$$\text{معدل الإنحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الأفقية}}$$

ونستطيع بسهولة أن نعرف قيمة الفاصل الرأسي في أي خريطة كنتورية . فهو عبارة عن الفرق في الإرتفاع الرأسي بين قيمة كل خط كنتور وآخر . ففي شكل ٤٧ ، نلاحظ أن الفاصل الرأسي هو ١٠٠ متر (أي الفرق بين خطي كنتور ٢٠٠ متر و ٣٠٠ متر) . أما معرفة المسافة الأفقية فتحتاج لبعض العمليات العمليات الحسابية البسيطة . فإذا كانت لدينا خريطة كنتورية . مثل الخريطة الممثلة في الرسم الأسفل من شكل ٤٧ . ونريد إيجاد المسافة الأفقية بين خطي كنتور ٢٠٠ ، ٣٠٠ متر ، فنبدأ أولا بقياس المسافة بين هذين الخطين (أو بين نقطتين واقعتين عليهما) بواسطة المسطرة ، وسنجد أن هذه المسافة تساوي ٥.٦ سنتيمتر . ننظر بعد ذلك إلى مقياس رسم الخريطة . وهو في هذه الحالة ١ / ٢٥.٠٠٠ – أي أن السنتيمتر على هذه الخريطة يمثل ٢٥٠ متر على الطبيعة . بمعنى هذا أن المسافة الأفقية بين خطي الكنتور المذكورين = ٥.٦ × ٢٥٠ = ١٤٠٠ متر .

$$\therefore \text{معدل الانحدار في هذه الخريطة} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الأفقية}} = \frac{١٠٠}{١٤٠٠} = \frac{١}{١٤}$$

وهذا يعني أن هناك إرتفاعا رأسياً بنسبة متر لكل ١٤ متر مقاسة أفقياً على الأرض في هذه المسافة .

(ب) درجة زاوية الإنحدار : يمكن أيضاً التعبير عن انحدار سطح الارض بقياس زاوية الانحدار ومعرفة قيمتها بالدرجات . وزاوية الانحدار (راجع الرسم الأعلى من شكل ٤٧) هي عبارة عن الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي وخط انحدار سطح الأرض الحقيقي . وهناك طريقتان لقياس هـــــذه الزاوية ، والطريقة الأسهل هي أن نضرب كسر معدل الانحدار × ٦٠ . وسوف

يكون الناتج هو مقدار زاوية الانحدار بالدرجات التقريبية [1] . فمثلا ، في المثال السابق كان معدل الانحدار ١ : ١٤ ، وبالتالي يكون مقدار زاوية الانحدار بالدرجات هو :

$$\frac{١}{١٤} \times ٦٠ = ٤٫٢° \text{ تقريباً}$$

أما الطريقة الثانية فأكثر صعوبة ، ولو أنها أدق في حساب درجات زاوية الانحدار . وهي تتطلب من القارىء معرفة قراءة جدول الظلال في الجداول الرياضية [2] .

(جـ) النسبة المئوية للإنحدار : إذا ضربنا معدل الانحدار × ١٠٠ ، فسوف يعبر عن الإنحدار في شكل نسبة مئوية . فمثلا معدل الانحدار ١ : ١٤ مساو للنسبة المئوية التالية :

$$\frac{١}{١٤} \times ١٠٠ = ٧ \% \text{ تقريباً}$$

وتعني هذه النسبة المئوية أن سطح الأرض يرتفع حوالي ٧ متر في كل ١٠٠ متر على المستوى الأفقي .

جدول الانحدارات القياسية :

يوضح الجدول التالي درجات أهم الإنحدارات التي تقابلها على سطح الأرض ، وكذلك معدل هذه الانحدارات ، ووصف طبيعتها ، ثم بعض الملاحظات عليها من حيث استخداماتها العامة :

---

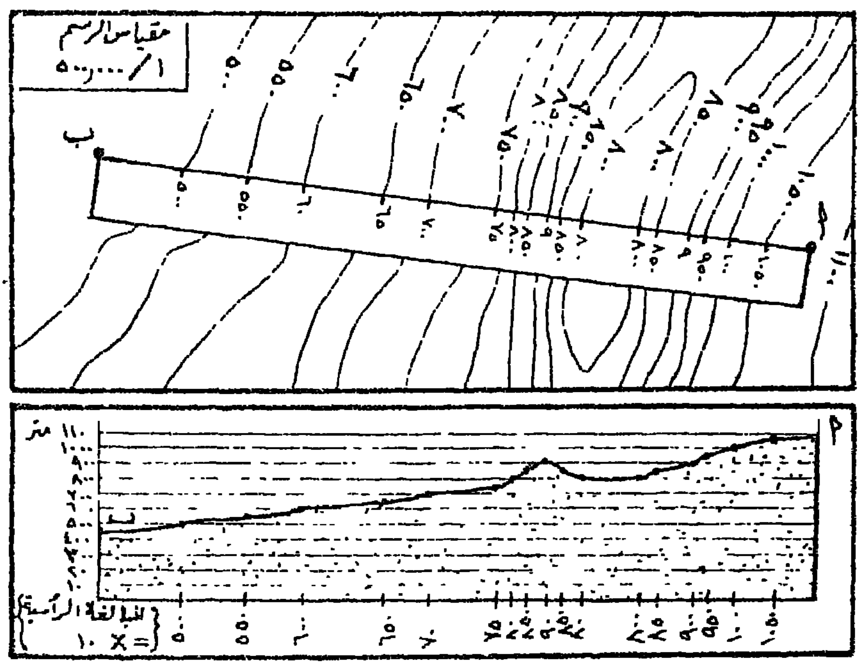
(١) هذه الـ ٦٠ عدد مقرب ، فالعدد الأكثر دقة هو ٣و٥٧ ، وهذا يمثل قيمة ظل التمام للدرجة في الطبيعة . وهذه مسائل تتصل بعلم حساب المثلثات .

(٢) يمكن قياس زاوية الانحدار بالدرجات قياساً دقيقاً ، إذا حولت كسر معدل الإنحدار إلى كسر عشري ، ثم تقرأ ما يقابل هذا الكسر من درجات في جدول الظلال بالجداول الرياضية .

زاوية الانحدار	معدل الانحدار	طبيعة الإنحدار	ملاحظات عامة
أقل من ١°	١ / ٦٠	معتدل	مناسب للسكك الحديدية
١° إلى ٣°	١ / ٦٠ إلى ١ / ٢٠	متوسط	يسير راكبو الدراجات على أقدامهم
٣° إلى ٦°	١ / ٢٠ إلى ١ / ١٠	معوق للحركة	تتقدم العربات التي تجرها الخيول بأقل درجات السرعة .
٦° إلى ١٢°	١ / ١٠ إلى ١ / ٥	شديد الانحدار	انحدار صعب للسيارات ويضطر السائقون إلى تغيير ناقل الحركة .
١٢° إلى ٢٠°	١ / ٥ إلى ١ / ٣	شديد الانحدار جداً	تنزل الخيول بشكل مائل على الانحدارات التي تزيد على ١٥° ولا تستطيع عربات الخيول الصعود
٢٠° إلى ٣٠°	١ / ٣ إلى ١ / ٢	شديد الانحدار جداً	الحد الأقصى للسيارات
أكثر من ٣٠°	أكثر من ١ / ٢	انحدار مفاجيء	يستطيع الإنسان أن يصعد مستخدما قدميه ويديه .

رسم القطاعات التضاريسية :

القطاع عبارة عن رسم تخطيطي للتضاريس على طول خط معين . والقطاع من أسهل الأشكال التي يمكن رسمها بالاستعانة بخطوط الكنتور . إذ يمكن توضيح شكل سطح الأرض بأنشاء قطاع رأسي على طول خط معين نرسمه على الخريطة الكنتورية بين أي ظاهرتين : مثلا بين مدينتين أو بين نقطتي منسوب معروف ارتفاعهما ؛ أو أي نقطتين مثل نقطتي ا . ب في شكل ٤٨ . وحين نريد رسم قطاع بين هاتين النقطتين . نبدأ أولاً بتحديد خط القطاع بينهما ، ثم نأتي بقطعة ورق مستقيمة الحافة ونضع هذه الحافة على طول خط القطاع ونعلم عليها النقط التي يقطع فيها خط القطاع خطوط الكنتور الموجودة على طول هذه المسافة ثم نرقم هذه النقط بنفس ارتفاعات خطوط كنتورها (أنظر الرسم الأعلى في شكل ٤٨) . ننتقل بعد ذلك إلى ورقة مربعات . ونرسم عليها خط



(شكل ٤٨) طريقة رسم القطاع التضاريسي من الخريطة الكنتورية .

قاعدة بنفس طول خط القطاع (اب) ، ونقيم من نهايتي هذا الخط عمودين . ثم نضع الحافة المستقيمة للورقة المرقمة على طول خط القاعدة ونحدد عليه نفس النقط وارتفاعاتها الكنتورية . نختار بعد ذلك مقياسا رأسيا للارتفاعات على طول أحد الأعمدة المقامة . وبمساعدة شبكة خطوط ورقة المربعات . نحدد ارتفاع كل نقطة على خط القاعدة حسب مكانها على المقياس الرأسي ، ثم نوصل هذه النقط بخط سلس لكي يعطينا في النهاية شكل القطاع الذي يمكن تظليله حتى يصبح واضحاً . كما يجب أن نكتب عنوان القطاع ، وكذلك مقدار المبالغة الرأسية vertical exaggeration

ولكن ماذا نقصد بمصطلح « المبالغة الرأسية » ؟ حينما نريد رسم قطاع تضاريسي لخريطة كنتورية . ننظر أولاً إلى مقياس رسم هذه الخريطة . فهو مثلا ١ / ٥٠٠,٠٠٠ في خريطة (شكل ٤٨) — أي أن السنتيمتر على هـــذه الخريطة يمثل ٥٠٠٠ متر على الطبيعة . وهذا صحيح بالنسبة للمقياس الأفقي على طول خط قاعدة القطاع . والمفروض أن يكون صحيحاً أيضاً بالنسبة للمقياس الرأسي . ولكننا حين نجعل السنتيمتر على طول المقياس الرأسي يمثل ٥٠٠٠متر . فسوف يكون تعرج خط القطاع التضاريسي ضئيلاً وغير واضح . ولهذا عادة ما نبالغ في المقياس الرأسي (اي نكبره) في أي قطاع حتى يظهر تضرس السطح بشكل واضح — وهذا ما يسمى بالمبالغة الرأسية . فبدلاً من أن نجعل السنتيمتر في المقياس الرأسي = ٥٠٠٠ متر كما هو الواقع بالنسبة لمقياس الرسم . نجعله مثلاً = ٥٠٠ متر . وبالتالي نكون قد بالغنا في المقياس الرأسي عشرة مرات حتى نستطيع أن نرى تضرس السطح واضحا ، كما ذكرنا . أما الغرض من كتابـــة مقدار المبالغة الرأسية على القطاع ، فهو تنبيه القارىء بأن المقياس الرأسي في هذا القطاع مبالغ فيه بهذا القدر .

ويعتمد مقدار المبالغة الرأسية على مقياس رسم الخريطة وعلى نمط التضاريس المراد توضيحها . فكلما كبر مقياس رسم الخريطة ، كلما قل احتياجنا للمبالغة الرأسية ، وكذلك تقل هذه المبالغة عندما نرسم قطاعات للمناطق المرتفعـــة

والواضحة التضاريس . ولكن عندما يكون مقياس رسم الخريطة صغيراً ، أو يكون القطاع في مناطق منخفضة التضاريس . فلا بد في مثل هذه الأحوال من مبالغة رأسية كبيرة — خمس مرات أو عشرة مثلاً . وعلى العموم لا ينبغي أن تزيد المبالغة الرأسية في أي قطاع تضاريسي على عشرين مرة .

ولكن نحسب المبالغة الرأسية لقطاع نريد رسمه من الخريطة (شكل ٤٨) ، أو أي خريطة أخرى . نقول :

١ سم على الخريطة يمثل ٥٠٠٠ متر على الطبيعة.

وإذا فرضنا أن ١ سم على المقياس الرأسي للقطاع يمثل ٥٠٠ متر

$$\therefore \text{المبالغة الرأسية} = \frac{٥٠٠٠}{٥٠٠} = ١٠$$

إمكانية الرؤية بين نقطتين : Intervisibility

نضطر أحياناً إلى أن نعرف هل الرؤية ممكنة بين نقطتين معينتين على سطح الأرض . فقد نحتاج إلى تحديد هذه الرؤية في حالة الخروج في رحلات كشفية مثلا . أو في حالة العمليات الحربية . ويمكن أن نحدد إمكانية الرؤية بين نقطتين من دراسة الخريطة الكنتورية نفسها ، ودون الحاجة إلى الذهاب إلى منطقة الدراسة ، وذلك بعدة طرق أبسطها ما يلي :

١ — نرسم قطاعاً تضاريسياً بين هاتين النقطتين ، ونرسم بينهما خطاً مستقيماً يسمى خط النظر . فإذا لم يعترض هذا الخط أي عائق (قمة تل مثلا) ، فحينئذ تكون الرؤية متبادلة بين هاتين النقطتين . أو :

٢ — ندرس خطوط الكنتور بين هاتين النقطتين . وذلك لمعرفة شكل الانحدار . فإذا كان انحداراً مقعراً كانت الرؤية متبادلة . أما إذا كانت النقطتان تقعان على انحدار محدب فلن تكون الرؤية متبادلة بينهما .

مثل هذه الطرق تفيدنا في الكشف عن الأرض «غير المرئية « dead ground وهي الأرض التي لا يمكن رؤيتها من نقطة معينة بسبب وجود أي عائق يحول دون هذه الرؤية .

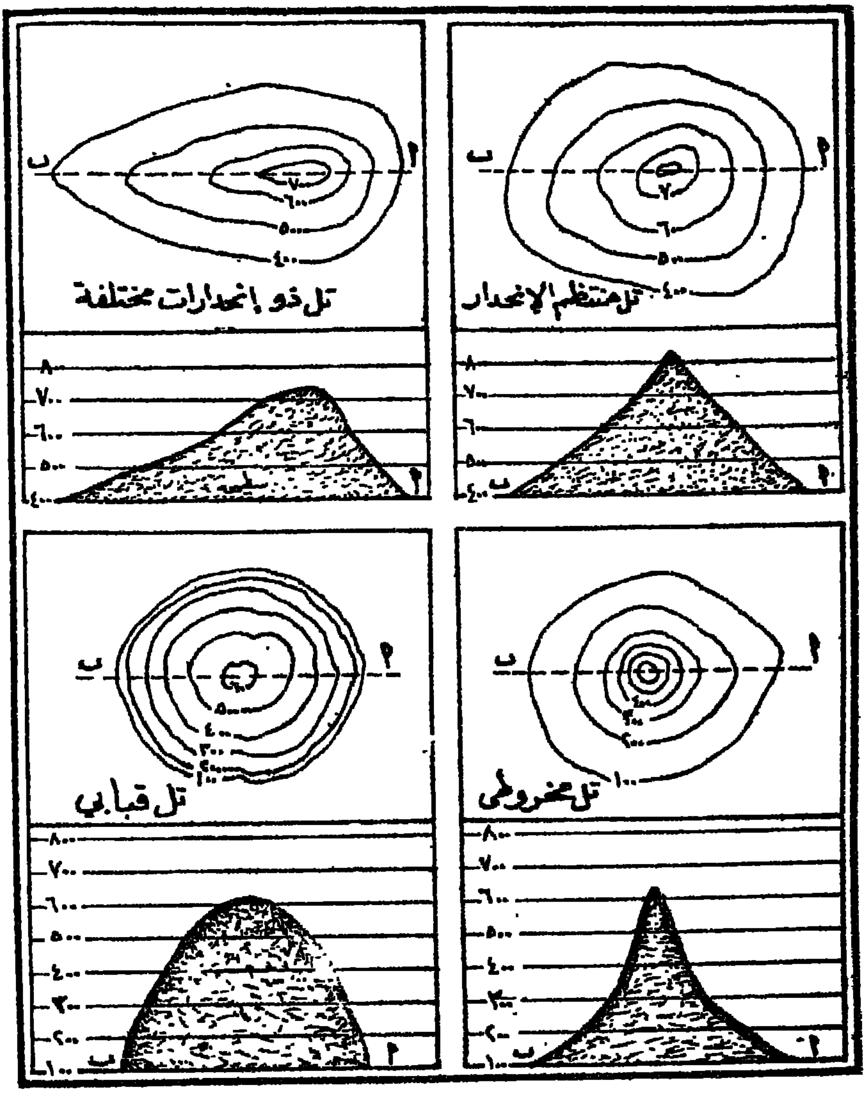
يجب أن تتذكر أن مثل هذه الطرق تستطيع أن تساعدنا في تحديد الرؤية المتبادلة على أرض خالية تماما من الأشجار ، التي غالبا ما تشكل عقبات هائلة في مناطق الغابات ذات السطح المموج. وبالتالي ، فإن مسائل الرؤية المتبادلة بين نقاط معينة تفيدنا في اختبار قدرتنا على فهم الخريطة ، أكثر مما تفيدنا في تقرير إمكان الرؤية الحقيقية بين نقطتين .

التمثل الكنتوري للظاهرات التضاريسية

تتمثل ظاهرات سطح الأرض في ثلاثة اشكال أساسية هي : التلال والوديان والسهول . والتلال تمثلها خطوط الكنتور المقفلة التي تطوق الأرض الآخذة في الارتفاع وهناك أشكال تلالية بسيطة مثل النتوء (أو الرأس النهري) Spur ، والجرف البحري Promontory ، وهذه تمثلها كنتورات ناتئة أو بارزة من كنتورات التلال ذات الشكل الدائري تقريباً . وسوف نتعرف فيما يلي على الشكل الكنتوري لأهم الظاهرات التضاريسية .

التل Hill : التل ظاهرة تضاريسية ، ويقل ارتفاع قمته عادة عن ٩١٥ متر (٣٠٠٠ قدم) فوق مستوى الأرض المحيطة به . وتمثل التل خطوط كنتورية دائرية الشكل ومتداخلة في بعضها البعض ، وتتزايد قيم خطوط الكنتور نحو المركز .

ويمثل (شكل ٤٩) بعض الرسوم الكنتورية للتلال ؛ فالتل المنتظم الانحدار تكون كنتواره المقفلة دائرية تقريباً ، أما إذا اختلفت درجة الانحدار على جوانب التل فلن تكون كنتوارته دائرية (أنظر التل ذي الانحدارات المختلفة في شكل ٤٩) .



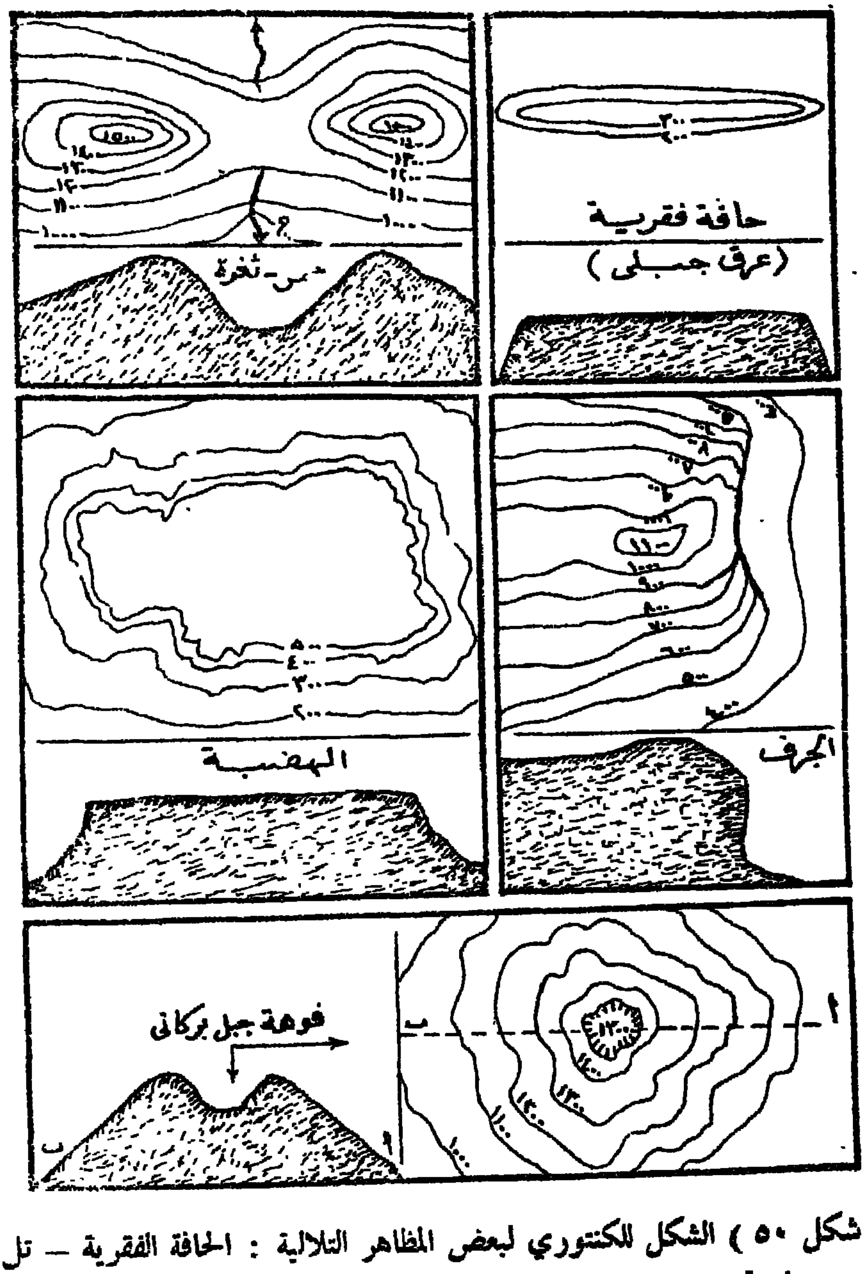
(شكل ٤٩) بعض الأشكال الكنتورية للتلال ، وقطاعاتها العرضية ــ على طول الخط أ ب .

وإذا كان الانحدار على جوانب التل انحداراً مقعراً ، نتج لدينا التـــــل المخروطي الذي تمثله كنتورات دائرية مقفلة . ولكن المسافة بين خطوط الكنتور تزداد ضيقاً مع تزايد الارتفاع (أي نحو القمة) ، حيث يكون الانحدار شديدا في الأجزاء العليا من التل المخروطي (شكل ٤٩) . وعلى العكس من ذلك في حالة التل القبابي ، إذ تكون انحداراته محدبة ، وبالتالي تتزايد المسافة بين خطوط الكنتور إتساعا نحو القمة .

ومن الجدير بالملاحظة أن الشكل الكنتوري للتل يشبه تماما الشكل الكنتوري للحوض ، أو الانخفاض الحوضي ، Basin ، ولكن الفارق الأساسي هو ترقيم خطوط الكنتور الدائرية الشكل ، فخطوط كنتور الحوض تزداد قيمة ترقيمها (تزداد إرتفاعا) كلما خرجنا إلى الأطراف الخارجية لخطوط الكنتور — وهذا عكس الحالة في التل .

الحافة الفقرية Ridge : وهذه عبارة عن شريط طويل وضيق من الأرض التي ترتفع عن المنطقة المحيطة بها ، وبذلك تكون قمة الحافة عبارة عن خط وليست نقطة كما في التل . والخطوط الكنتورية الممثلة للحافة تكون بيضية الشكل إذا كانت قائمة بذاتها فوق الأرض المحيطة بها (أنظر الرسم الأول في شكل ٥٠) ولكن كثيراً ما تصل الحافة الفقرية بين تلين ، فإذا كانت الحافة في هذه الحالة منخفضة وعريضة (وذات مسافة كبيرة بين التلين) فتسمى « رقبة Saddle » . أما إذا كانت الحافة التي تربط بين تلّين ضيقة وذات إرتفاع عظيم نسبيا فتسمى في هذه الحالة « ثغرة Col » . وعادة ما تكون الحافة منطقة تقسيم للميـــــاه watershed حينما تفصل بين نظامين من التصريف المائي (النهري) .

الجرف Cliff : يتميز الجرف بارتفاعه العمودي (الرأسي) ، ولهذا نرى عدداً من خطوط الكنتور التي تمثل الجرف تتلاقى في خط واحد (شكل ٥٠) . ونمط خطوط الكنتور التي تمثل الجرف يشبه تماما نمط الخطوط التي تمثل الشلال waterfall ، (سقوط فجائي في مجرى النهر ينشأ من مقاومة صخور قـــاعة



(شكل ٥٠) الشكل للكنتوري لبعض المظاهر التلالية : الحافة الفقرية ـ تل ذو قمتين بينهما ثغرة ـ الجرف ـ الهضبة ـ الجبل البركاني .

للنحت) . مع فارق رئيسي وهو ان ترقيم خطوط الكنتور في الشلال تكون عكس ترقيمها في حالة الجرف . وينبغي أن نذكر أن خطوط الكنتور لاتتلاقى إطلاق إلا في حالة الجرف القائم أو الشلال .

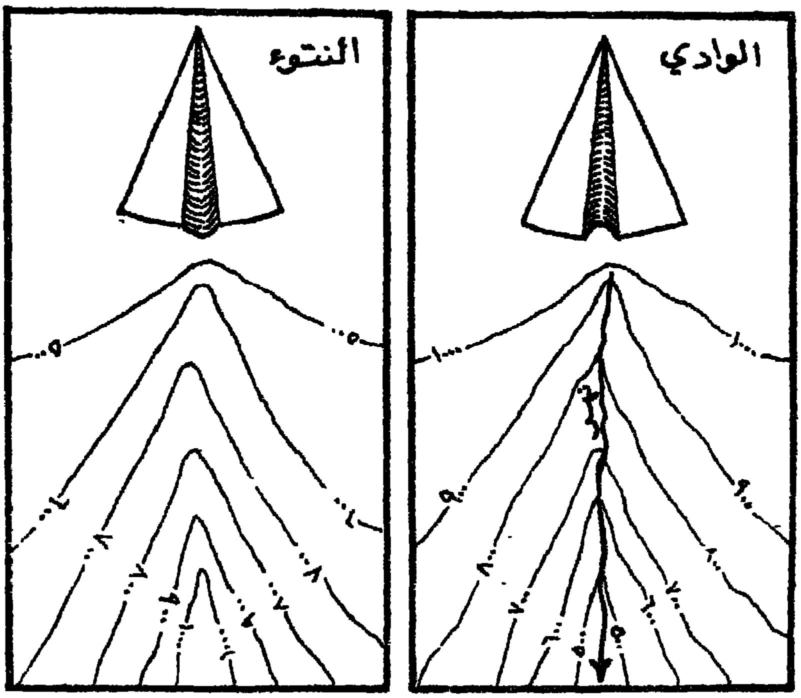
المضبة Plateau : الهضبة منطقة مرتفعة تغطي مساحة كبيرة . وتتميز باستواء سطحها الذي يشبه سطح المائدة . ولذلك تسمى الهضبة Table-land أيضاً ، وبخاصة عندما تحيط بها منحدرات شديدة كوجه الجرف . وأهم ما يميز الشكل الكنتوري للهضبة أنه يخلو من خطوط الكنتور في منطقة الوسط (شكل ٥٠) .

التل البركاني Volcanic Cone : يتكون التل أو المخروط البركاني عند فتحة البركان نتيجة تجمع المواد التي يقذفها البركان على جوانبه . ومن ثم يتكون تل مخروطي الشكل . أما فتحة أو فوهة البركان فتظل في وسط المخروط . فالمخروط البركاني إذن عبارة عن تل ولكن منطقته الوسطى العظيمة تحتلها الفوهة أو بحيرة أحيانا ولذلك فالشكل الكنتوري للتل البركاني يشبه شكل التل العادي . إلا في منطقة الوسط حيث نجد كنتورات مقفلة تدل على الانخفاض (حيث يقل الارتفاع بسبب وجود الفوهة) . ويبين الرسم الأسفل من (شكل ٥٠) الشكل الكنتوري للتل البركاني وكذلك قطاعاً لهذا التل على طول الخط ا ب .

النتوء Spur : النتوء عبارة عن بروز من الأرض المرتفعة يمتد نحو الأرض الأكثر انخفاضاً . ولذلك تبدو خطوط الكنتور الممثلة للنتوء على شكل بروز من الخطوط . يتقدم نحو الأرض المنخفضة . وكثيرا ما تفصل النتوءات بين أودية الأنهار : ولذلك فهي تسمى أيضاً « رؤوسا نهرية » . وتشبه الخطوط الكنتورية الممثلة للنتوء تلك الممثلة للوادي مع فارق رئيسي وهو ترقيم الخطوط العكسي

الوادي Valley : تبدو خطوط الكنتور التي تمثل الوادي على شكل منحنيات متراجعة نحو الخلف — أي نحو المنابع والأرض الأكثر ارتفاعا . ورغم التشابه بين شكل خطوط الكنتور التي تمثل الوادي والنتوء . إلا أننا نستطيع بسهولة أن

نتعرف على كليهما من إتجاه رؤوس خطوط الكنتور الممثلة لهما . ويسهل الأمر بدرجة أكبر إذا كان هناك نهر يشغل الوادي . أما في حالة الوادي الجاف (حيث لا يوجد مجرى مائي) فيجب أن نسترشد بترقيم خطوط الكنتور .



(شكل ٥١) الشكل الكنتوري للوادي والنتوء . لاحظ تشابه شكل خطوط الكنتور في الحالتين ، ولكن كنتورات الوادي تتراجع نحو المنبع أي نحو الأرض المرتفعة ، بينما كنتورات النتوء تتقدم نحو الأرض المنخفضة .

ويمثل (شكل ٥١) رسمين تخطيطيين للوادي والنتوء ، وكذلك نمط خطوط الكنتور التي تمثل كليهما .

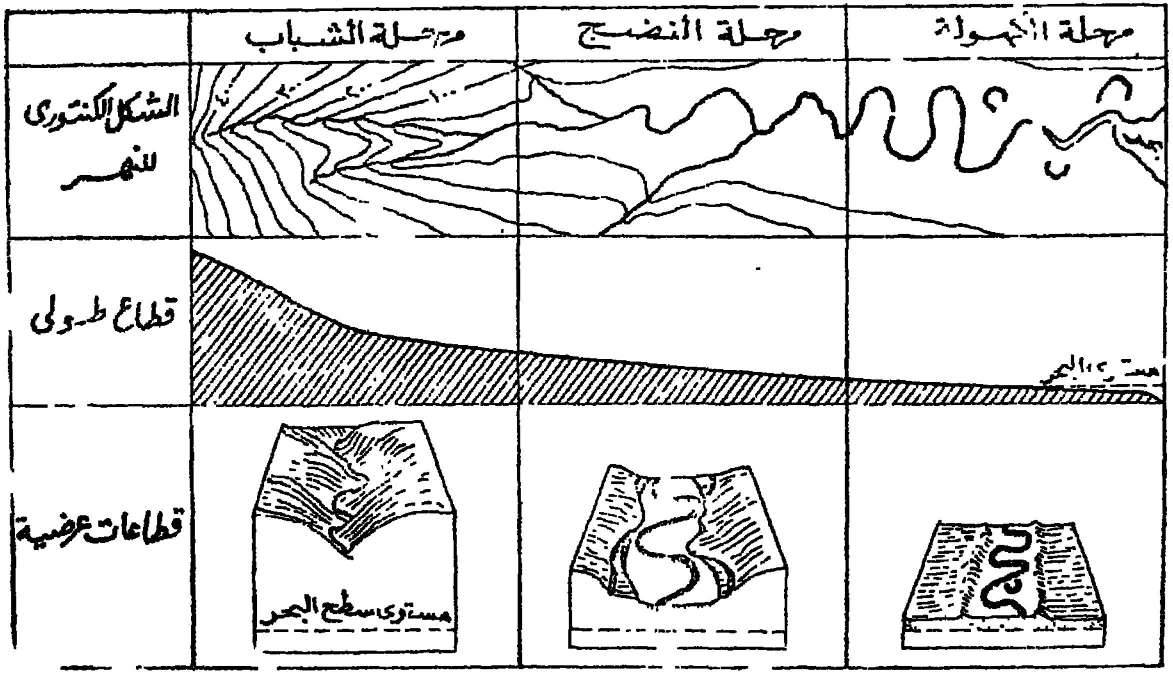
الوادي النهري River Valley : حينما ندرس بالتفصيل خريطة كنتورية (أو طبوغرافية) ، كثيراً ما نلاحظ أشكالاً كنتورية لظاهرات متنوعــــة

تختص بالنحت والأرساب النهري . ونستطيع تبعاً لوجود هذه الظاهرات أن نتعرف على مراحل تطور النهر وواديه . ويوضح (شكل ٥٢) هذه المراحل المختلفة للنهر ، وكذلك بعض القطاعات الطولية والعرضية المجسمة للنهر وواديه وتتمثل هذه المراحل فيما يلي :

ا ــ مرحلة الشباب Youthful stage : وفي هذه المرحلة تكون المجاري سريعة الجريان وتنحت بقوة الصخور التي تعترضها ، فتتكون الأودية العميقة والضيقة والتي تبدو على شكل حرف V . ونلاحظ في الشكل الكنتوري الذي يمثل هذه المرحلة أنها متقاربة (دليل الانحدار الشديد) ، وأنها متراجعة نحو المنبع أي الأرض الأكثر إرتفاعها . كما نلاحظ نمط الخطوط التي تمثل النتوءات (الرؤوس النهرية) التي تمتد بين أودية المجاري العليا . ويستخدم النهر في هذه المرحلة لبناء الخزانات وانشاء محطات توليد القوى الكهربائية .

ب ــ مرحلة النضج Mature stage : وفي هذه المرحلة يكون جريان النهر أكثر بطئاً ، ويكون القطاع العرضي لواديه أكثر إنفتاحاً لأن قاع الوادي يصبح أكثر اتساعا مما هو في مرحلة الشباب . كما نلاحظ تعرج مجرى النهر من جانب إلى آخر . كما نلاحظ أيضا وجود المدرجات النهرية . ومن ثم تتباعد خطوط الكنتور التي تمثل هذه المرحلة عن بعضها البعض ، وقد نلحظ سلسلة من خطوط الكنتور المزدوجة على جانبي النهر (أي خطين متقاربين بدرجة كبيرة ، ثم مساحة أكبر خالية ، يليها خطين متقاربين آخرين وهكذا) ويمثل هذا النمط من خطوط الكنتور المدرجات النهرية التي تتتابع على جانبي الوادي النهري .

جـ ــ مرحلة الكهولة (الشيخوخة) Old stage : وفي هذه المرحلة يجري النهر ببطء شديد ، حاملاً معه نحو البحر الكثير من الرواسب ، كما تنشط عملية الإرساب على طول صفتي النهر وعبر السهل الفيضي الفسيح ، وقد تظهر كذلك بعض البحيرات المقتطعة Ox-bow lakes قرب الجزء الأدنى من مجرى النهر ،

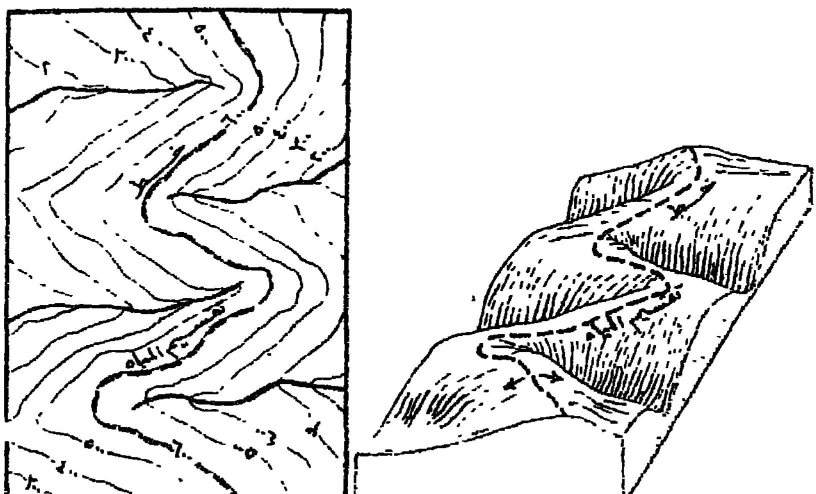


(شكل ٥٢) الشكا الكنتوري في مراحل النهر المختلفة ، وقطاع طولي للنهر من منبعه إلى مصبه ، ثم قطاعات عرضية مجسمة لمراحل النهر المختلفة .

وهي تدل على أن النهر قد بلغ مرحلة الشيخوخة . وفي هذه المرحلة قد لا نجد أي خطوط كنتورية دلالة على انبساط السطح واستوائه وتكون السهل الفيضي الفسيح .

وتظهر كل هذه المراحل في (شكل ٥٢) . ولكن ينبغي أن نلاحظ أن مراحل التطور الثلاث هذه لا تظهر في كل الأنهار ؛ فبعض الأنهار – مثل كثير من المجاري الجبلية مثلاً – تظهر في كل أجزائها في مرحلة الشباب ، وبعضها الآخر لا يعرف مرحلة الشباب على الإطلاق .

مقسم المياه Watershed : وهذا عبارة عن الخط الوهمي الذي يفصل بين الرؤوس المائية للأنهار التي تنساب في اتجاهات مختلفة . وقد يتفق هذا الخط مع خط أعلى القمم التضاريسية في منطقة تقسيم المياه (أنظر شكل ٥٣) . أو قد لا يتفق . وحين نحدد خطوط تقسيم المياه على خريطة كنتورية . فإننا نحدد في الواقع الخطوط التي تفصل بين الأحواض النهرية المختلفة .



(شكل ٥٣) منظر مجسم لمنطقة مقسم المياه الذي يفصل بين أحواض نهرية مختلفة ، ثم الشكل الكنتوري لمقسم المياه

خصائص خطوط الكنتور

نلاحظ مما تقدم أن لخطوط الكنتور مجموعة من الخصائص ، يمكن أن نجملها فيما يلي :

١ — لا يمكن لأي خط كنتور إلا أن يكون متبوعاً بالخط التالي له في السلسلة إما فوقه أو تحته مباشرة. بمعنى أنه إذا كان الفاصل الرأسي ١٠ متر ، فيجب أن يليه خط ٢٠ ثم ٣٠ متر وهكذا . فخاصة الإستمرار لإنحدار سطح الأرض توضح أنه لا يمكن أن يكون هناك في الطبيعة تخطيا أو حذفاً لخط كنتور .

٢ — كل خطوط الكنتور هي خطوط مقفلة في نهاية الأمر ؛ فهي لا تنتهي إطلاقاً — ولو أنها قد تبدو كذلك عندما تصل إلى جرف قائم . وقد عرفنا أن خطوط الكنتور تتطابق وتتحد في خط واحد عند الجرف القائم ، ولكنها لا تنتهي . وبالطبع قد تنتهي خطوط الكنتور قرب أطراف لوحة الخريطة بسبب تحديد المنطقة المرسومة داخل إطار الخريطة .

٣ — تتبع خطوط الكنتور بعضها البعض حتى تصل إما إلى قاعدة منخفض يوضحه غالباً مجرى مائي أو بحيرة ، وإما إلى قمة مرتفعة أو تل ذروته غير مبينة إلا إذا كانت هناك نقطة منسوب — يمثلها مثلث صغير مكتوب عليه مقدار إرتفاع هذه النقطة فوق مستوى سطح البحر .

٤ — يدل تقارب خطوط الكنتور على شدة الانحدار ، كما يدل تباعدها عن بعضها البعض على انحدار أقل شدة . ومن ثم تساعدنا المسافة بين خطوط الكنتور على تحديد أنواع الانحدارات على سطح الأرض ؛ فالخطوط تتباعد عن بعضها البعض بمسافة منتظمة في حالة الانحدار المنتظم — سواء أكان شديداً أو خفيفاً . أما في حالة الإنحدار المقعر فتتقارب الخطوط

عند القمة (حيث الانحدار شديد) وتتباعد كلما اتجهنا نحو المنحدرات السفلى ، والعكس صحيح في حالة الإنحدار المحدب .

٥ — لا يمكن أن تتقاطع خطوط الكنتور ، بمعنى أنه ليس هناك خط يقطع خطاً آخر . وهناك استثناء نظري واحد وهو حالة الجرف الناتىء الذي تزيد زاوية انحداره على ٩٠° Overhanging cliff (ويكون شبيهـــا بالمغارة) . ولكن أي بروز عظيم لا يستمر في الطبيعة بصفة دائمة وغالباً ما تسقط الأجزاء الأكبر بروزاً نحو الخارج ، ويتحوّل البروز إلى جرف قائم .

٦ — تتنوع الأشكال الممثلة بخطوط الكنتور تنوعاً غير محدود . ومع ذلك يمكن تصنيف هذه الأشكال في مجموعات معينة . وأكثر أشكال الكنتور شيوعاً هي أشكال الدوائر والحلقات غير المنتظمة وهي تمثل التلال والجبال والهضاب . كما قد تمثل الأحواض والمنخفضات إذا كانت قيمة خطوط كنتورها تتناقص نحو الداخل . وهناك أيضاً أشكال خطوط الكنتور التي تبدو على شكل حرف V أو U . وهذه تمثل الأودية أو النتوءات — ونعرف ذلك من قيمة ترقيم خطوط الكنتور (راجع شكل ٥١) — كذلك هناك أشكال تحددها خطوط كنتور مستقيمة في امتداداتها . وبخاصة في مناطق الصخور الجيرية .

هكذا نرى أنه يمكن أن نستفيد كثيراً من الخريطة الكنتورية عند دراسة تضاريس أي منطقة . ودراسة التضاريس تساعد كثيراً على تفسير العديد من حقائق ومظاهر الجغرافيا البشرية . فخطوط الكنتور توضح مواقع الجبـــال والتلال . وكذلك ارتفاعها وشكلها العام . كما نعرف منها شكل سطح الأرض وهذا بدوره يساعدنا على فهم اتجاه التصريف وطبيعة أنماطه . ويساعدنا كذلك على تقدير التغييرات المحلية في المناخ . وهناك الكثير من الظاهرات التضاريسية التي لها آثار عميقة على الإنسان وطرق معيشته وأماكن استقراره . فانحدار

الأرض واتجاه الوادي وحمى الحافة وغيرها من الظاهرات قد تقرر ما إذا كان سكن الإنسان مكشوفاً أو مستوراً ؛ موحلاً أو جافاً ، محمياً أو معرضاً للهجوم، صعب الاقتراب أو سهل المنال ؛ وهكذا .

وينبغي عندما ندرس أشكال سطح الأرض في الخرائط الكنتورية أو الخرائط الطبوغرافية أن ننظر بعناية إلى الأنواع العديدة من الأشكال الكنتورية ، ثم نلتقط منها أمثلة للأشكال التضاريسية الرئيسية أولاً ، ثم نتدرج إلى الأشكال الثانوية . ويجدر بنا أن نعي تماما الشكل الكنتوري للظاهرات المهمة كالتلال والهضاب والأودية ، وأن ننسخ بعض الأمثلة الواضحة منها والإحتفاظ بهما لكن يمكن الرجوع إليها عند الحاجة أو مقارنتها بغيرها من الظاهرات .

تلوين الخريطة الكنتورية

تضاف الألوان إلى الخرائط الكنتورية حتى يتحقق التأثير البياني للخريطة وإبراز عناصر الإرتفاع والانحدار والإستواء . والاقتراب من الشكل المجسم للخريطة . وقد أشرنا في الفصل الثاني أن تقدم الطباعة الليثوغرافية (الطباعة على الحجر) في العصر الحديث قد ساعد على استخدام الألوان في الخرائط الطبوغرافية وفي خرائط الأطالس .

وهناك طريقتان لتلوين هذه الخرائط في الطباعة ، ويستخدم في الطريقة الأولى لون واحد متدرج الكثافة Layer-colouring ، وهذه تسمى في الطباعة بطريقة الظلال Half-tone . فيستخدم في تمثيل المرتفعات مثلا اللون البني بدرجاته التي تتزايد كثافة مع تدرج ارتفاع التضاريس ، إذ نبدأ باللون البني الخفيف ونتدرج به حتى نصل إلى البني الداكن في أعلى المرتفعات. ولكن ربما تسبب هذا في طمس بعض التفاصيل والأسماء في الأجزاء العظيمة الإرتفاع .

أما الطريقة الثانية فتستخدم عدة ألوان حتى تتجنب الإنتهاء إلى لون داكن

جداً يطمس تفاصيل الخريطة . وينبغي في هذه الطريقة أن نختار الألوان التي تعطي انطباع الكثافة المتدرجة ــ أي توحي بتدرج التضاريس نفسها . فمثلا يمكن أن نبدأ في المناطق المنخفضة نسبياً باللون الأصفر الفاتح ثم الأصفر الداكن ، ونتدرج بعده إلى اللون البرتقالي ، ثم اللون البني بدرجاته المختلفة . وفي المناطق المرتفعة جداً قد نستخدم اللون البنفسجي (الأرجواني) ثم الأبيض في مناطق قمم الجبال التي تغطيها الثلوج بشكل دائم . وفي حالة الخريطة التي يظهر فيها ساحل البحر والسهول الساحلية أو المنخفضة ؛ فيحسن أن نبدأ باللون الأخضر الداكن في السهول الساحلية ثم الأخضر الفاتح في السهول الأكثر إرتفاعاً ؛ ثم تتدرج بعد ذلك إلى الألوان الأخرى كالأصفر والبرتقالي والبني .

وهنا يجب أن نلاحظ أنه ليس من الضروري ــ ولا من الواجب ــ أن نختار الألوان (أو درجات اللون الواحد) تبعاً لكل خط كنتور على الخريطة ؛ بحيث يتغير اللون مع تغير خط الكنتور . ذلك لانه ليس هناك خطوط كنتور في الطبيعة ، كما أن عدد الخطوط قد يكون كبيراً بحيث لا نجد العدد الكافي من الألوان لملء المساحات الكثيرة بين الخطوط . والطريقة المثلى في هذه الحالة هي أن نعطي لوناً واحداً لكل مجموعة من الخطوط الكنتورية . ويتوقف عـــدد الخطوط في كل مجموعة على مدى تعقد تضاريس المنطقة المرسومة . وكذلك مدى الدقة المطلوب الوصول إليها .

خطوات تلوين الخريطة يدوياً :

يستطيع الطالب أن يقوم بنفسه بتلوين أي خريطة كنتورية أو طبوغرافية ذات حجم معقول ، وذلك بعد تدريب بسيط على استخدام الألوان وفرش الألوان . وتوضح الخطوات التالية أبسط الطرق لتلوين هذه الخرائط :

١ ــ تحبير الخريطة أولا بالحبر الهندي الأسود الذي لا يتأثر بالبلل : فيتم تحبير

إطار الخريطة والسواحل والخطوط الرئيسية ، وكذلك خطوط الكنتور بسمك دقيق جداً .

٢ – نبسط ورقة الخريطة (ويجب أن تكون من نوع ورق الرسم الأبيض العادي الذي يتشرب الألوان ، مثل ورق برستول) على لوحة الرسم الخشبية ، ثم نبلل قطعة قماش بالماء ونمسح بها سطح ورقة الخريطة بحيث تبتل كل ورقة الخريطة . وبواسطة شريط الورق اللاصق ، نلصق كل إطار الخريطة على اللوحة الخشبية (وهي بالطبع أكبر من مساحة الخريطة) ثم نتركها لتجف لمدة ساعتين مثلا . وتعرف هذه الخطوة بعملية « شد » الخريطة .

٣ – بعد أن تجف الخريطة ، سوف نلاحظ أنها « مشدودة » تماما على اللوحة الخشبية ، وسطحها أملس وجاهز للتلوين . ثم نبدأ في تجهيز الألوان المائية التي سنستخدمها ، ولنبدأ مثلا باللون الأصفر ، فنذيب مقداراً منه في كوب باضافة بعض الماء حتى يتكون لدينا سائلاً أصفراً خفيفاً .

٤ – نحدد بعد ذلك عدد الخطوط الكنتورية التي سنملأ ما بينها بدرجتين من اللون الأصفر : الأصفر الفاتح في المساحة الممتدة مثلاً بين خطوط ٢٠٠ ، ٢٥٠ ، ٣٠٠ متر ؛ ثم الأصفر الداكن في المساحة التالية بين خطوط ٣٠٠ ، ٣٥٠ ، ٤٠٠ متر .

٥ – نضع اللوحة في وضع مائل على منضدة الرسم ، وذلك بوضع قطعة خشب أو كتاب مثلاً تحت إحدى حواف اللوحة الخشبية . ثم نغمس الفرشاة في اللون الأصفر الذي أعددناه خفيفاً في الأصل ، ونبدأ في التلوين بحيث نبدأ من أعلى اللوحة إلى أسفل حتى يسهل « جر » اللون بالفرشاة فوق كل المساحة التي سنلونها باللون الأصفر – سواء الفاتح أو الداكن – أي بين خطي كنتور ٢٠٠ متر ثم ٤٠٠ متر . مع ملاحظة أن تكون الفرشاة ممتلئة دائما باللون ولا تجعلها تجف أبدا ، ونسحب اللون بالفرشاة

إلى أسفل حتى يتم تلوين كل المساحة الصفراء — وقد نجد بعض اللون الزائد عند نهاية التلوين في هذه المساحة ، وهذا نلتقطه بالفرشاة بعد أن نجففها في قطعة من ورق النشاف : ونكرر ذلك حتى نسحب كل اللون الزائد . وهنا يجب أن نذكر ملاحظتين أولهما أن لا نرجع بالفرشاة أبداً أثناء التلوين ، وإنما يتم التلوين بطريقة سحب الفرشاة في اتجاه واحد إلى أسفل . والملاحظة الثانية هو أنه لا نحاول إطلاقاً بعد « جر » اللون أن نعود ثانية لطمس أي نقطة بالفرشاة . لأن ذلك لن يُصلح أي ضعف في الجزء الذي تم تلوينه وإنما سيترك بقعاً ظاهرة تشوه المساحة الملونة .

٦ — بعد أن يجف اللون الأصفر الخفيف أصلاً في كل المساحة الملونة . ونتأكد تماماً من أن الخريطة قد جفت : نعود إلى الفرشاة وإلى نفس اللون الأصفر في الكوب . ونغمس الفرشاة في نفس اللون (دون أن نريد تركيزه) . ونبدأ في تلوين المساحة التي نريد إظهارها باللون الأصفر الداكن — وهي المساحة المحصورة بين خطي كنتور ٣٠٠ ، ٤٠٠ متر . ومعنى هذا أن هذه المساحة ستلون مرة ثانية باللون الأصفر . وهذا صحيح لأن الطبقة الثانية من هذا اللون ستجعله يظهر داكنا فوق هذه المساحة بالذات : وبذلك يكون متميزاً عن المساحة الأخرى ذات اللون الأصفر الخفيف والتي أخذت طبقة واحدة من اللون الأصفر في المرة الأولى .

٧ — ننتقل بعد ذلك إلى المساحة التي ستلون باللون البني المتدرج ، ونعد في كوب آخر لونا بنيا خفيفاً ، ونكرر نفس العمليات التي قمنا بها في الخطوة السابقة حينما طبقنا درجات اللون الأصفر على الخريطة . وهكذا .

٨ — بعد أن يتم تلوين الخريطة بكافة الألوان ودرجاتها المطلوبة ، نستخدم شفرة لقطع حواف ورقة الخريطة لكي نفصلها عن اللوحة الخشبية ، ثم نكمل الخريطة بكتابة أي بيانات أو أسماء نريد أن تتضمنها الخريطة . وقد يكون من المستحسن جداً أن نكتب أرقام الكنتور بالحبر البني .

وأسماء الأنهار والترع بالحبر الأزرق ، أما أسماء مراكز العمران كالقرى والمدن فنكتبها بالحبر الأسود .

تظليل الخرائط الكنتورية :

كذلك يمكن أن يستخدم الطالب أنماط التظليل المتدرجة الكثافة في تظليل الخريطة الكنتورية بنفسه ، بحيث تتدرج هذه التظليلات ما بين اللون الأسود المصمت في القمم الشديدة الإرتفاع ، واللون الابيض في السهول المنخفضة . ويمكنه أن يستخدم في ذلك النمط النقطي ، أو النمط الخطي ، وفي هذه الأنماط تتقارب النقط الصغيرة (أو الخطوط) من بعضها البعض حتى تصل إلى اللون الأسود ، أو تتباعد عن بعضها حتى تصل إلى اللوز الأبيض .

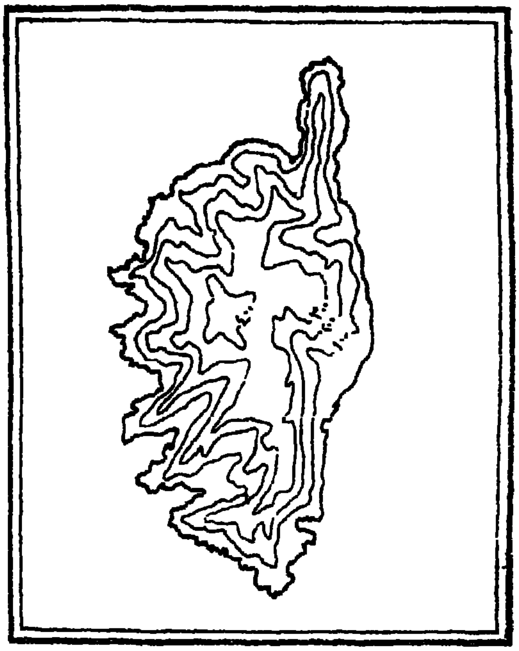
وقد نستخدم طريقة التظليل هذه في الخرائط الصغيرة التي نعدها في حجرة الرسم ، أو لكي تنشر في الكتب المدرسية أو المجلات العلمية . ولكن يعيب هذه الطريقة أن التظليلات الداكنة قد تطغى على كثير من تفاصيل الخريطة ولا تسمح بكتابة الأسماء . ومع ذلك يمكن حل دذه المشكلة بترك مستطيلات بيضاء دون تظليل وسط التظليل الداكن لكي نكتب فيها ما نريده من أسماء . كذلك قد يساعدنا على إتمام تظليل مثل الخرائط ، أن نستخدم أوراق الزباتون Zip-a-tone المطبوع عليها عدد كبير من أنماط التظليل الآلي المرسوم بشكل دقيق ، والمتدرج الكثافة أيضا (راجع شكل ١٨) .

النماذج التضاريسية البارزة

رأينا كيف تتعدد طرق الإستفادة من الخريطة الكنتورية . كذلك نستطيع بمساعدة الخريطة الكنتورية أن نصنع نموذجاً تضاريسيا بارزاً لتمثيل المرتفعات والمنخفضات بشكل مجسم يساعدنا على فهم أشكال التضاريس في هذه الخريطة . ونستخدم في عمل هذه النماذج البارزة مواداً خاصة ، مثل الطين (أو الصلصال) والجبس وخشب الأبلكاش والورق المقوى .

خطوات عمل نموذج بارز من الطين أو الجبس :

يتطلب عمل نموذج من هذا النوع بعض المواد والأدوات ، وهي : ألواح من خشب الأبلكاش ، ومنشار صغير ، وورق شفاف ، وجبس أو طين . ولنفرض أننا نريد عمل نموذج بارز لجزيرة كورسيكا في البحر المتوسط ، حينئذ نحصل على خريطة كنتورية واضحة لهذه الجزيرة (شكل ٥٤) ، ثم نتبع الخطوات التالية :



(شكل ٥٤) خريطة كنتورية لجزيرة كورسيكا الفرنسية بالبحر المتوسط

١ — نعد الخطوط الكنتورية الموجودة بالخريطة بالإضافة إلى خط الساحل (خط كنتور صفر) ، فنجدها جميعاً هنا خمسة خطوط . ومن ثم نأتي بخمسة ألواح من خشب الأبلكاش . بحيث تكون أبعاد هذه الألواح متساوية في الطول والعرض والسمك . كما ينبغي أن تكون مساحتها أكبر قليلاً من مساحة الخريطة .

٢ ـ نأتي بورقة شفافة ونجعل مساحتها مساوية تماما لمساحة أي لوح من الأبلكاش ، ثم ننقل على هذه الورقة الخريطة الكنتورية للجزيرة .

٣ ـ نثبت ورقة الشفاف على أحد ألواح الأبلكاش بحيث تنطبق الأطراف تماما . ثم نطبع على هذا اللوح خط الساحل ونكتب عليه خط كنتور صفر . ويتم طبع الخط على لوح الأبلكاش بأي طريقة من الطرق الآتية :

ا ـ إما باستخدام ورقة كربون توضع تحت الخريطة ؛

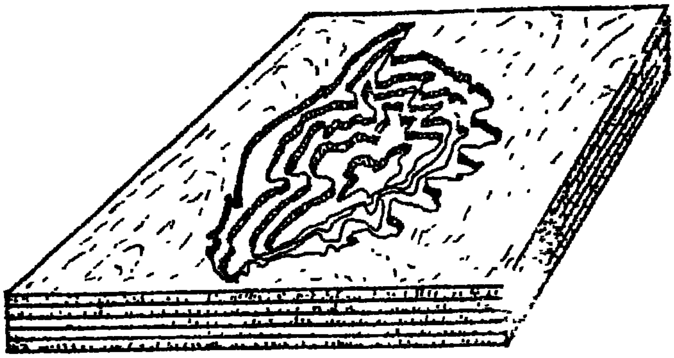
ب ـ أو بتسويد ظهر ورقة الشفاف تحت الخطوط المراد رسمها وذلك بقلم رصاص من النوع اللين . ثم نضغط على الخط المراد رسمه بقلم رصاص من النوع الصلب أو بواسطة قلم حبر جاف . وبالتالي سوف ينطبع الخط على لوح الأبلكاش .

حـ ـ أو بتخريم الخط المراد رسمه بواسطة دبوس إبرة رفيع بحيث تكون الثقوب متقاربة جدا على طول الخط على ورقة الشفاف . ثم نطمس هذه الثقوب بمسحوق طباشيري ناعم جدا (أو مسحوق فحمي ناعم) . ومن ثم ينطبع على لوح الأبلكاش خط عبارة عن نقط متقاربة من هذا المسحوق ويمكن توضيحه بعد ذلك بالقلم الرصاص . ومن الواضح أن هذه طريقة شاقة وتتطلب بعض الوقت .

٤ ـ نرفع ورقة الشفاف ونثبتها على لوح آخر بنفس الطريقة السابقة . ثم نطبع على هذا اللوح (الثاني) خط كنتور ١٠٠ متر .

٥ ـ نستمر بنفس الطريقة في بقية الألواح ، ونطبع على اللوح الثالث خط كنتور ٢٠٠ متر . والرابع ٣٠٠ متر . والخامس ٤٠٠ متر .

٦ ـ نفرغ ألواح الأبلكاش بواسطة المنشار على طول الخطوط المطبوعة عليها . ثم نبعد الأجزاء الداخلية (قد نحتاج إليها في عمل نموذج آخر من الخشب) ونحتفظ بالأجزاء الخارجية لأنها هي التي ستستخدم هنا في عمل نموذج جبس أو طين .

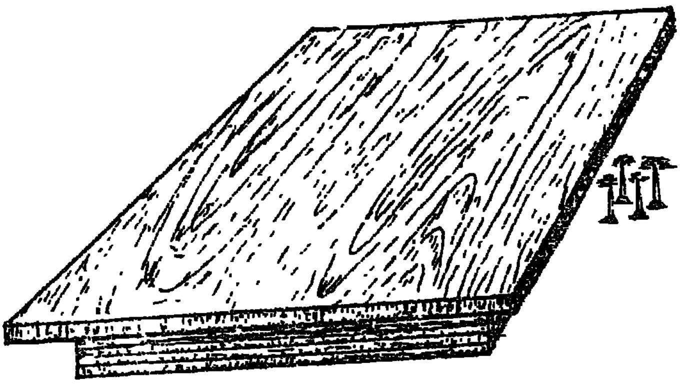


(شكل ٥٥) الأجزاء الخارجية المفرغة من ألواح الأبلكاش مرتبة فوق بعضها.

٧ ــ نرتب هذه الأجزاء الخارجية من ألواح الأبلكاش فوق بعضها بحيث تنطبق أطرافها تماما ، مع ملاحظة أن يكون اللوح الأول (الذي يمثل خط الساحل) في أعلى المجموعة . ومن تحته لوح كنتور ١٠٠ متر ثم لوح ٢٠٠ متر وهكذا ــ كما في (شكل ٥٥) .

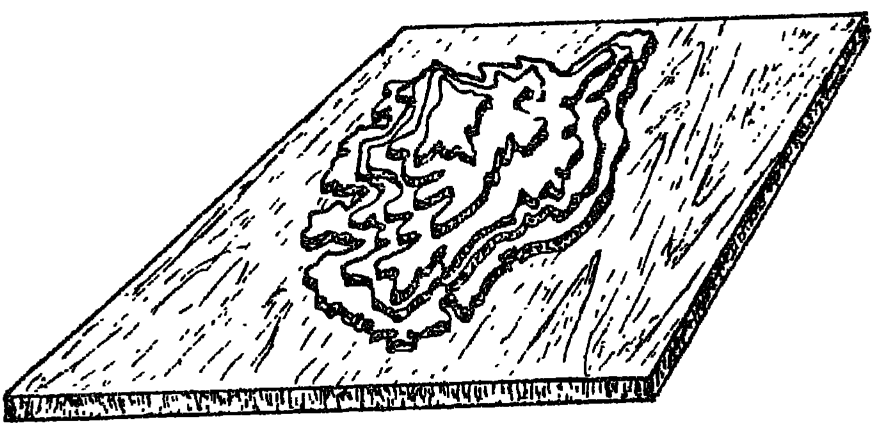
٨ ــ نثبت الألواح بالترتيب السابق ، ثم نضعها على منضدة كبيرة ، ونأتي بعجينة سائلة من الجبس أو الطين ونصبها في الفراغ الموجود داخل الألواح .

٩ ــ نأتي بقاعدة من الخشب السميك مساحتها أكبر قليلا من مساحة ألواح الأبلكاش . ونثبت في وسطها عدة مسامير ، ثم نضع هذه القاعدة فوق ألواح الأبلكاش المملوءة بالعجينة بحيث تنغمس رؤوس المسامير في العجينة ــ ومعنى هذا أننا سنقلب القاعدة الخشبية بعد تثبيت المسامير فيها ، ونضعها على ألواح الأبلكاش ــ كما في (شكل ٥٦) .



(شكل ٥٦) قاعدة الخشب السميك وقد وضعت فوق ألواح الأبلكاش ، والرسم الأيمن يمثل وضع رؤوس المسامير المغروسة في الجبس .

١٠ – بعد أن تجف العجينة قليلا (أي تصبح متماسكة نوعاً) ، نعكس وضع الألواح بحيث تصبح القاعدة في أسفل النموذج ، ثم نبدأ في نزع ألوح الأبلكاش واحداً بعد الآخر ، ومن ثم يظهر النموذج البارز قائما على القاعدة ، كما يبدو في (شكل ٥٧) .



(شكل ٥٧) النموذج البارز كاملاً ، بعد نزع جميع ألواح الأبلكاش .

ومن الممكن بعد ذلك أن نضيف ألوان الزيت إلى النموذج ؛ وذلك بتلوين القاعدة التي تمثل البحر باللون الأزرق الفاتح ، ثم السهول الساحلية باللـــون الأخضر . ثم نتدرج بعد ذلك إلى اللون الأصفر والبني .

كذلك قد لا يقتنع الطالب الفنان بالنموذج البارز بهذا الوضع . فيحاول مثلاً أن يلغي التدرج المفتعل لخطوط الكنتور (بالطبع لا توجد خطوط كنتور في الطبيعة) ، وذلك بإضافة بعض عجينة الجبس (أو الطين) عند حواف هذه الدرجات الصارمة ، خاصة في المناطق المتدرجة الإنحدار وذلك بعد دراسة دقيقة لخريطة الجزيرة ، كما قد يحاول أيضا أن يحفر خطوط الأنهار الرئيسية بشكل مناسب ؛ ثم يضيف الألوان بعد ذلك ؛ فيظهر النموذج بشكل دقيـــق وفني رائع .

ومن الجدير بالإشارة هنا أن الأجزاء الداخلية التي فصلت من ألواح الأبلكاش يمكن استخدامها أيضا في عمل نموذج بارز آخر لهذه الجزيرة . وذلك إذا رتبنا هذه الأجزاء فوق بعضها البعض كما هي في الخريطة الكنتورية أصلاً ، ومن ثم ينتج لدينا نموذج بارز من خشب الأبلكاش لجزيرة كورسيكا . نستطيع أن نضيف إليه الألوان المناسبة .

ملاحظات وتمارين

١ ـ هناك طرق عديدة لتمثيل سطح الأرض على الخرائط ؛ درست منهـــا طرق الهاشور والظلال وخطوط الكنتور . أكتب ما تعرفه بإيجاز عـن كل طريقة من هذه الطرق . مع ذكر مزايا ومثالب كل منها .

٢ ـ هناك مصطلحات مرت بك عند دراستك لهذا الفصل . منها : مستوى المقارنة ـ نقط المناسيب ـ خطوط الهيئة (أو الشكل) ـ الفاصل الرأسي أو الفاصل الكنتوري ـ المسافة الأفقية . أذكر نبذة عن كل مصطلح من هذه المصطلحات .

٣ - لا شك أن الإنحدارات تلعب دوراً حيوياً في حياة أي منطقة على سطح الأرض . فسّر هذه العبارة ، ثم بيّن أنواع الانحدارات الرئيسية ، وكيف تعرفها من أشكال خطوط الكنتور الممثلة لها .

٤ - ماذا نعني بتعبير : معدل الانحدار؟ وهل هناك فرق بينه وبين أن نقول : نسبة الانحدار ١٢ ٪ ؟

٥ - تصور أنك تعمل في هيئة التخطيط الإقليمي في مدينتكم ، وتريد أن تقترح مد سكةحديدية بين المدينة وإحدى الضواحي البعيدة،وكان عليك أن تختار بين ثلاثة مسالك لمد هذه السكة الحديدية ، معدل الإنحدار في كل منها هو على الترتيب ١/٧٠ . ١/١٠ ، ١/٣ . فأيهم تختار ؟

٦ - هناك بعض الظاهرات التضاريسية تمثلها خطوط كنتورية متشابهة . أذكر نوعين من هذه الظاهرات ، وبيّن كيف تتعرف على شكلها الكنتوري في الخريطة .

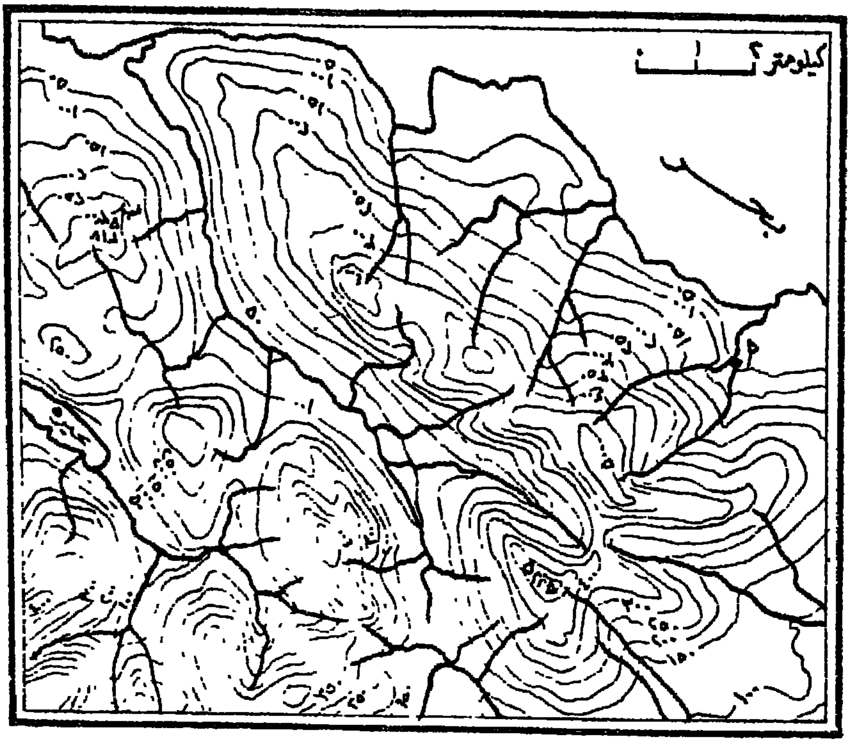
٧ - أذكر ما تعرفه عن خصائص خطوط الكنتور .

٨ - إدرس الخريطة الكنتورية (شكل ٥٨) دراسة جيدة ، ثم حاول ما يلي :

أ - إرسم هذه الخريطة على ورقة خارجية ، ثم لونها بالأقلام الملونة أو ألوان المياه ، بحيث تستخدم الأخضر الداكن بين الساحل وحتى كنتور ١٠٠ متر ، والأخضر الفاتح بين ١٠٠ و ٢٠٠ متر ، ثم الأصفر حتى ٣٠٠ متر ، والبرتقالي حتى ٤٠٠ ، ثم البني بدرجاته بعد ذلك .

ب - هناك نقطتان من نقط المناسيب في هذه الخريطة ، أذكرهما .

حـ - حدد على الخريطة الظاهرات التالية : ثلاث تلال واضحة - نتوءان واضحان (رؤوس نهرية) - وادي نهري كبير - ثغرة لا يزيدارتفاعها على ١٥٠ متراً .



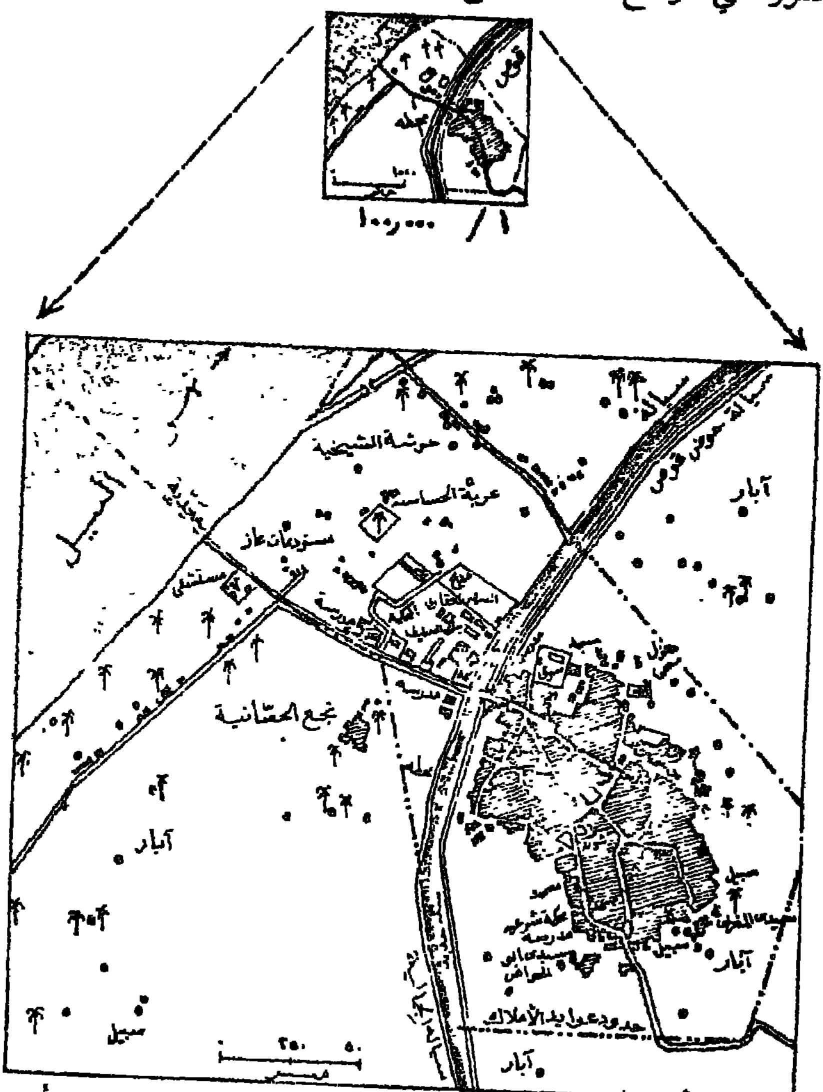
(شكل ٥٨) خريطة كنتورية تشمل مجموعة من الأحواض النهرية ، والتلال ، والنتوءات ، ومقاسم المياه .

د — إرسم بالقلم الأحمر خطوط تقسيم المياه التي تفصل بين الأحواض النهرية المختلفة .

هـ — إرسم خطا بين نقطتي أ ، ب في هذه الخريطة . ثم إرسم قطاعا رأسيا على طول هذا الخط ، وتعرف من هذا القطاع هل الرؤية متبادلة بين هاتين النقطتين ؟

٩ — عرفت أن الخريطة الطبوغرافية هي خريطة لمنطقة صغيرة من سطح الأرض ، رُسمت نتيجة المساحة التفصيلية . وبمقياس رسم كبير نسبياً يسمح

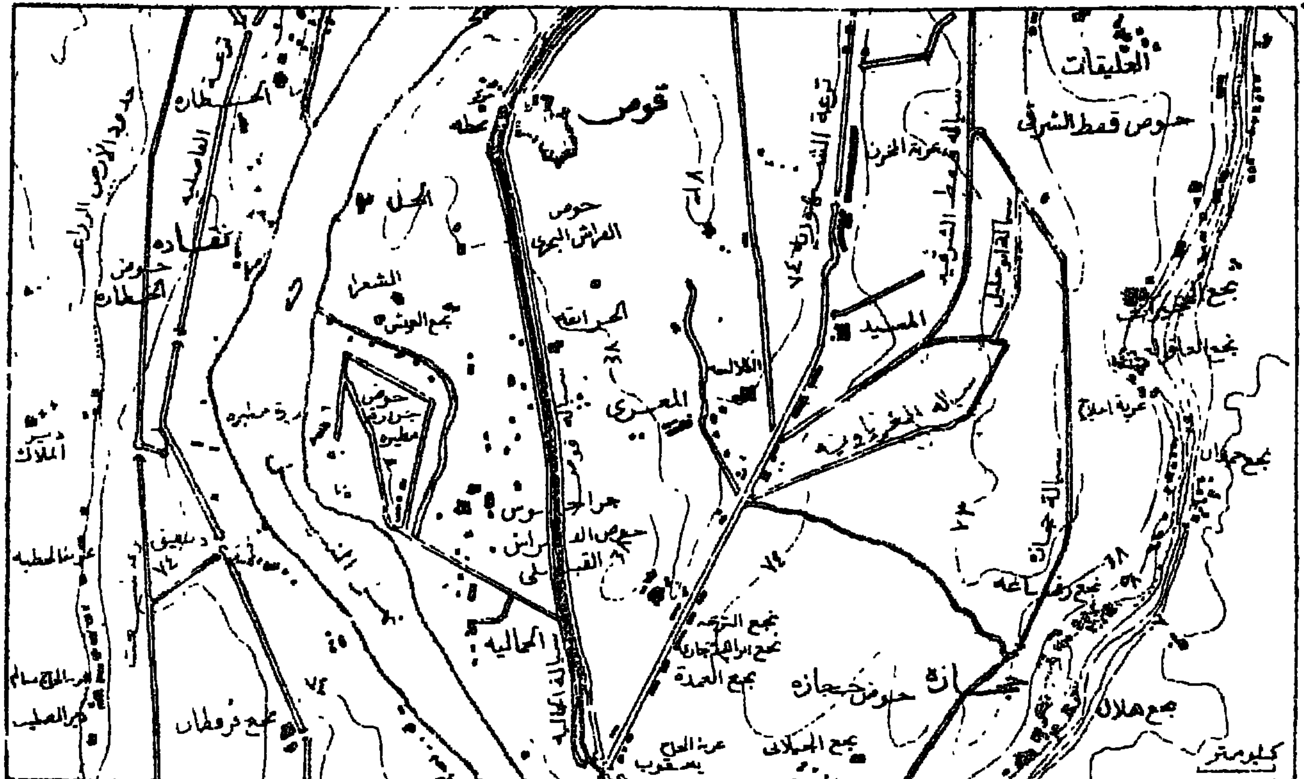
بإظهار التفاصيل الطبيعية والبشرية . وبالتالي تتضمن هذه الخريطة خطوط الكنتور التي توضح أشكال سطح الأرض كالتلال والهضاب والجروف



(شكل ٥٩) خريطة طبوغرافية لمدينة قوص في محافظة قنا المصرية ، رسمت بمقاسين مختلفين .

والوديان ، كما توضح حدود ظاهرات طبيعية أخرى كالكثبان الرملية والمستنقعات والغابات . وبالاضافة إلى ذلك توضح الظاهرات البشرية كالمدن والقرى والسكك الحديدية والطرق المختلفة ثم الترع والمصارف والكباري . وعرفت أيضاً أنه كلما كبر مقياس رسم الخريطة الطبوغرافية كلما أمكن رسم تفاصيل أكثر . ويتضح ذلك من الخريطة (شكل ٥٩) ، وهي خريطة طبوغرافية لمدينة قوص في محافظة قنا المصرية ، رُسمت في أعلى الشكل بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ ، ثم بمقياس ١/٢٥,٠٠٠ في أسفل الشكل . فكم مرة كبرت الخريطة العليا ؟ وماذا تلاحظ من فروق بين الخريطتين وهما لنفس منطقة مدينة قوص ؟

١٠ – عرفت أيضاً أن المظاهر الطبيعية (التي تمثلها خطوط الكنتور وأحياناً الهاشور) في الخريطة الطبوغرافية تفسر كثيراً من حقائق الجغرافيا البشرية . فدراسة الخريطة الطبوغرافية تمدنا بوسيلة مناسبة نستطيع عن طريقها أن نقيم العلاقة المتبادلة والتي تقوم بين الإنسان وبيئته . أنظر مثلاً إلى الخريطة الطبوغرافية (شكل ٦٠) وهي لجزء صغير في وادي النيل بصعيد مصر ، ولاحظ حدود الأرض الزراعية على جانبي الوادي (الخط المتقوط) ، وما الذي حدّد امتداده بهذا الشكل ؟ أنظر أيضاً إلى خطوط الكنتور في شرقي الوادي وغربيه ، ثم لاحظ تقارب خطوط الكنتور عند الحد الشرقي من الوادي – ماذا يعني ذلك ؟ ولماذا تجمعت هناك مراكز العمران في نمط خطي ملحوظ ؟ هل لذلك علاقة بضيق الأرض الزراعية في وادي صعيد مصر بصفة عامة ، فآثر الناس بناء قراهم على حدود هذه الأرض الزراعية ؟ أم أن هناك أسباباً أخرى تتصل مثلاً بنظام الري الحوضي الذي كان حتى سنوات قليلة مضت سائداً في معظم جهات الوجه القبلي ، وبالتالي كانت تغرق الأراضي الزراعية بمياه فيضان النيل ، ومن ثم حرص الناس على بناء قراهم في المناطق الأكثر ارتفاعاً التي لا تغرقها مياه الفيضان – في الماضي ؟ قارن أيضاً بين امتداد الترع الرئيسية (ويمثلها الخطوط المزدوجة) وعلاقة هذا الامتداد باتجاهات خطوط الكنتور ،



(شكل ٦٠) خريطة طبوغرافية لمنطقة قوص في محافظة قنا المصرية (صعيد مصر) ، تبين خطوط الكنتور وتوزيع مراكز العمران والترع والسكك الحديدية ـ وهي جزء منقول (بتصرف) من لوحة الأقصر مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .

ماذا تلاحظ ؟ هل كان لشكل سطح الأرض تأثير واضح على اتجاه امتداد هذه الترع الثانوية ؟

ارسم هذه الخريطة (شكل ٦٠) على ورق شفاف في ثلاث نسخ : بحيث ترسم في النسخة الأولى خطوط الكنتور فقط ، وفي النسخة الثانية الترع فقط ، وفي الثالثة مراكز العمران فقط — بحيث ترسم نهر النيل في كل خريطة . ثم طبق هذه النسخ الشفافة فوق بعضها ، مثلاً النسخة الأولى والثانية وحاول أن تتعرف على مدى العلاقة بين اتجاهات خطوط الكنتور والترع ، ثم بين خطوط الكنتور وتوزيع مراكز العمران ، أو بين الظاهرات الثلاث مجتمعة .

مراجع الفصل السابع

١ – محمد صبحي عبد الحكيم وماهر الليثي (١٩٦٦) ، علم الخرائط ، مكتبة الانجلو المصرية بالقاهرة ، (الفصل الرابع) .

٢ – محمد متولى موسى وابراهيم رزقانة (١٩٦٩) ، قواعد الجغرافيا العملية ، الطبعة الثانية ، مكتبة الآداب بالقاهرة ، (القسم الثاني) .

٣ – محمد محمد سطيحه (١٩٧١) ، خرائط التوزيعات الجغرافية ، دار النهضة العربية بالقاهرة ، (الفصل الثامن) .

٤ – Birch, T.W. (1949), Maps : Topographical and Statistical, Oxford, Ch. 1.

٥ – Dury, G.H. (1960), Map Interpretation, 2nd. ed., London.

٦ – Garnier, B.J. (1963), Practical Work in Geography, London, Ch. 6.

٧ – Guest, Arthur (1970), Advanced Practical Geography, London, pp. 30-35.

٨ – Monkhouse, F.J. and Wilkinson, H.R. (1971), Maps and Diagrams, 3rd ed., London, Ch. 2.

٩ – Singh, R. and Kanaujia, L.S. (1963), Mapwork and Practical Geography, Allahabad : India, Ch. 5.

١٠ – Speak, P. and Carter, A.H.C. (1964), Map Reading and Interpretation, Longmans, London, pp. 9-20.

١١ – Sylvester, D. (1952), Maps and Landscape, London, Part 1, 3.

الفصل الثامن

مساقط الخرائط

سبق أن عرفتَ أن الخريطة الوحيدة التي تمثل الأرض تمثيلاً صحيحاً هي الخريطة المرسومة على نموذج الكرة الأرضية . وعرفت أيضا أن نماذج الكرة الأرضية أجهزة مفيدة في المكتبات وحجرات الدراسة ، ولكن حمل هذه الأجهزة والتنقل بها من مكان إلى آخر أمر صعب نوعاً . هذا بالاضافة إلى أن النموذج الكروي ــ بسبب صغر حجمه ــ لا يستطيع أن يبيّن إلا ظاهرات الأرض الرئيسية فقط ، مثل القارات والمحيطات والأقطار الكبيرة الحجم . ولكي يتضمن النموذج الكروي تفاصيل واضحة كتلك التي يحتاجها سائقو السيارات أو الرحالة أو دارسو الجغرافيا الاقليمية . فينبغي أن يكون مثل هذا النموذج هائل الحجم ــ وهذا أمر متعذر . ومن ثم نلجأ إلى « الخرائط » وهي محاولات لتمثيل سطح الأرض المقوس على لوحة مستوية من الورق . وهنا تواجهنا مشكلة نقل السطح المقوس إلى سطح مستوٍ .

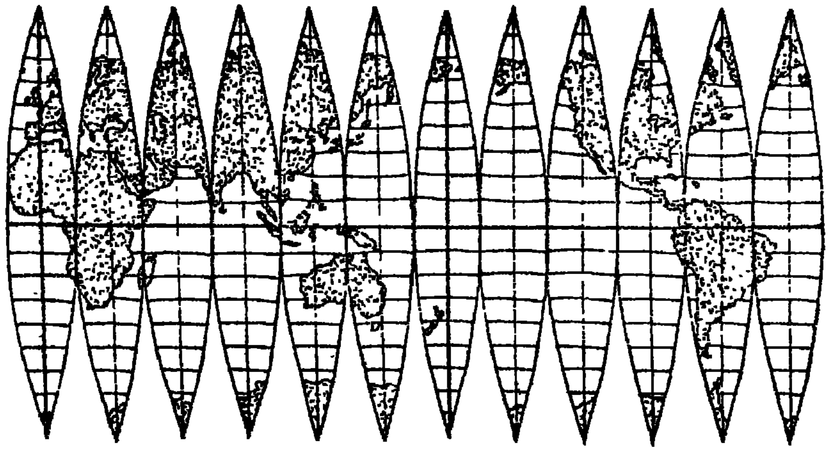
مقدمة عامة

من الممكن أن نصنع خريطة لجزء صغير من الأرض (يغطي بضعة

كيلومترات مربعة) دون كثير من التحريف أو التشويه ، وذلك إذا طبقنا لوحة الورق على هذا الجزء الصغير المرسوم على النموذج الكروي الكبير الحجم . ولكن إذا طبقنا لوحة الورق على جزء كبير من النموذج لرسم قارة أو قارتين مثلاً ، فسوف تتكسر الورقة وتتجعد ، ومن ثم سيكون هناك تحريف أو تشويه عظيم للشكل المنقول . وفي عبارة موجزة ، لا يؤثر تقوس سطح الأرض كثيراً عندما نرسم خريطة لجزء صغير جدا من سطح الأرض ، لأن التحريف الناتج سيكون ضئيلاً بحيث يمكن اهماله . أما الخرائط التي تمثل مساحات كبيرة من سطح الأرض كالأقطار والقارات أو العالم كله ، فسوف يكون التحريف (التشويه) فيها عظيماً بالضرورة ، وإذا لم نفهم مثل هذا التحريف فقد نقع في أخطاء خطيرة . وقد ينال هذا التحريف عناصر مهمة في الخريطة ، مثل المسافات والاتجاهات والمساحات ، وكذلك الشكل .

وقد نتساءل كيف إذن رُسمت الخريطة الورقية المطبوعة على نموذج الكرة الأرضية دون أي تحريف لشكل سطح الأرض الصحيح ؟ صحيح أن هذه الخريطة مرسومة على ورقة ، ولكن هذه الورقة تتألف من سلسلة من المثلثات أو الشرائح تسمى gores – أي قطع مثلثة الشكل (شكل ٦١) ، ملتصق بعضها ببعض بطريقة دقيقة . وتعتمد تهيئة هذه القطع المستوية من الورق على السطح المقوس ، على دقة تقطيعها وعلى مهارة أصابع صانع النموذج الكروي . ولهذا فمن الممكن أن نرسم خريطة للعالم تتألف أساسا من الشرائح المستخدمة في تجميع نموذج كامل للكرة الأرضية . وتسمى الخرائط المرسومة طبقاً لهذا المبدأ « خرائط مقتضبة »[1] interrupted maps ، وقد نراها في بعض الأطالس ؛ وهي قد تتطلب بعض التخيل قبل أن يستطيع الطالب أن يرى كيف أنها تمثل الأرض ، وهذه الخرائط على كل حال هي شكل من أشكال مساقط الخرائط map projections – أي محاولات نقل ورسم الخرائط من السطح المقوس إلى السطح المستوي .

(١) المساقط المقتضبة (أو المتقطعة) تنقص فيها مساحة المحيطات لتظهر القارات بشكلها ومساحتها المطابقة للواقع ، ومن أهمها مسقط « جود » المقتضب .



(شكل ٦١) سلسلة الشرائح المثلثة الشكل التي تُلصق على نموذج الكرة الأرضية .

ومسقط الخريطة عبارة عن تنظيم شبكة خطوط الطول والعرض بشكل معين بحيث يمكن رسم الخريطة عليها . وعندما يُصمم صُنّاع الخرائط مسقطاً من المساقط . فهم لا يعنون بتفاصيل الخريطة . إذ يمكن توقيع ورسم المحيطات والقارات والمدن والأنهار بسهولة حالما يصلوا إلى تصميم شبكة خطوط العرض والطول .

الأغراض التي تهدف المساقط إلى تحقيقها :

بدأ التفكير في مساقط الخرائط منذ عرف الإنسان أن الأرض كروية الشكل ، أي منذ فترة الإغريق . وقد إبتكر العلماء والكرتوجرافيون على مر العصور الكثير من المساقط . حتى أصبح لدينا اليوم بضع مئات من مساقط الخرائط . ومن الناحية العملية . نلاحظ أن عدداً قليلاً نسبياً هو المستخدم من هذه المساقط الكثيرة . كما أنه ليس هناك أي مسقط منها يمكن أن يكون مرضياً تماما — أي ليس هناك مسقط يستطيع أن يتجنب تشويه العلاقات المكانية .

التي لا يمكن أن يظهرها بشكل صحيح إلا نموذج الكرة الأرضية . إذن ، لا نجد خريطة مرسومة على سطح مستو (سطح الورقة) تتحقق فيها جميع العناصر – الخاصة بالمساحة والشكل والزاوية « الاتجاه » والمقياس « المسافة » – بصورتها الصحيحة . ومن هنا تهدف المساقط إلى تحقيق الصورة الصحيحة لعنصر معين أو أكثر من هذه العناصر – ولو أن ذلك يتم على حساب العناصر الأخرى .

فمساقط الخرائط تهدف إذن إلى تحقيق العناصر الآتية :

(١) المساحة الصحيحة .

(٢) الشكل الصحيح .

(٣) الاتجاهات – أو الانحرافات – الصحيحة .

(٤) المسافات (الأبعاد) الصحيحة .

وتحقيق المساحة الصحيحة أمر عظيم الأهمية في كثير من الخرائط . وبخاصة تلك الخرائط التي ترسم لكي تبين التوزيعات المكانية لظاهرة أو ظاهرات جغرافية مختلفة . وترسم هذه الخرائط على مساقط تؤلف فئة معينة نسميها : مساقط المساحة المتساوية

Equal area, or Equivalent, or Homolographic Projections.

وفي مسقط المساحة المتساوية ، نجد أن أي سنتيمتر مربع على الخريطة يمثل نفس العدد من الكيلومترات المربعة الذي يمثله أي سنتيمتر مربع آخر على الخريطة ، وبالتالي تظهر كل القارات والمحيطات والجزر والدول بمساحاتها النسبية الصحيحة . ولما كانت المساحة نتاج بعدين إثنين (الطول والعرض) ، فيمكن أن نزيد طول أحد البعدين ونقلل طول البعد الآخر ، ومع ذلك نحصل على نفس المساحة . فمثلا إرسم مربعاً طول ضلعه ٢ سم ، إذن ستكون مساحته ٤ سم٢ . ثم حوّل هذا الشكل إلى مستطيل ، وذلك بتنصيف طول أحد جوانبه

ومضاعفة طول الجانب الآخر ، فسوف تجد أن مساحته هي ١ × ٤ = ٤ سم٢. وهذا في حد ذاته يعني ما يلي : في أي مسقط ، إذا كانت « المساحات » الممثلة سوف تظهر بنفس مساحاتها الصحيحة ، فإن « أشكالها » سوف تتغير عما هي عليه في الشكل الكروي (أي يحدث تشويه أو تحريف في الشكل) . والعكس صحيح أيضا ، إذ لا يمكن أن تكون المساحة متساوية في المسقط الذي يحقق شرط الشكل الصحيح تماماً .

أما عنصر الشكل الصحيح فلا يقل أهمية عن عنصر المساحة المتساوية . وقد يصبح الطالب معتاداً على الشكل الصحيح لقارة مثلا ، أو محيط أو جزيرة ، إذا نظر إليها على خريطة نموذج الأرض الكروي . فهو لا يدرك في معظم الأحوال مدى تشويه هذه الأشكال في الخريطة المرسومة على سطح مستو . وتسمى فئة المساقط التي تهدف إلى تحقيق الشكل الصحيح عند رسم أي جزء من سطح الأرض ، مساقط الشكل الصحيح

True-shape, or Orthomorphic, or Comformal Projections.

وفي مسقط الشكل الصحيح ، ينبغي أن يكون المقياس واحداً عند أي نقطة في جميع الاتجاهات ، ولكن هذاممكن فقط حينما تتقاطع خطوط الطول والعرض في زوايا قائمة..

أما الاتجاه الصحيح فهو عنصر مهم أيضا ، وبخاصة في الخرائط التي تدرس توزيع العوامل ذات الأهمية في العلاقات العالمية . ولكي نبين التوزيعات النطاقية (أو الممتدة عرضياً) لمثل هذه العوامل ، فمن المستحسن تماماً أن تكون خطوط العرض مستقيمة وموازية لخط الاستواء . وتسمى فئة المساقط التي تحاول أن تعرض الانحرافات الصحيحة (أو زوايا السمت azimuths) بمساقط الاتجاهات الصحيحة ، أو المساقط السمتية .

True bearing, or Azimuthal Projections.

مقارنة شبكة المسقط بشبكة النموذج :

إذا درست مجموعة الخرائط المستخدمة في أي أطلس عالمي مناسب . فسوف تلاحظ أن هذه الخرائط مرسومة على أنواع المساقط التي ذكرناها توا ، والتي تحاول تحقيق المساحة المتساوية ، والشكل الجيد لليابس والمحيطات . وكذلك الاتجاهات الصحيحة . ولكي تتحقق بعض هذه الخصائص في خرائط معينة ، فلا مفر من بعض التشويه في الخصائص الأخرى . وينبغي أن يلم الطالب بطبيعة مثل هذه التشويهات ، وأن « يلتمس لها عذراً » عند استخدامه للخرائط المرسومة على مساقط مختلفة .

وهناك طريقة عملية مفيدة في هذا الصدد ، وهي أن يقارن الطالب شبكة المسقط على الخريطة التي أمامه بشبكة خريطة نموذج الكرة الأرضية . ولكن عليه أولاً أن يتحقق من الخصائص الأساسية في شبكة خطوط النموذج الأرضي ، ويتمثل أهم هذه الخصائص فيما يلي :

(١) على خريطة النموذج الكروي ، نجد كل خطوط الطول متساوية في الطول وتلتقي عند القطبين .

(٢) كل خطوط العرض متوازية .

(٣) طول خطوط العرض – أي محيط الدوائر العرضية – يقل كلما بعدنا من خط الاستواء حتى نصل إلى النقطتين اللتين تمثلان القطبين . مع ملاحظة أن محيط دائرة خط عرض ٦٠° يبلغ نصف محيط دائرة خط الاستواء .

(٤) المسافات على طول خطوط الطول بين أي خطي عرضي . تكون متساوية .

(٥) كل خطوط العرض والطول تتقاطع أو تلتقي في زوايا قائمة .

وحين يضع الطالب في اعتباره الملاحظة رقم (٣) ، فسوف يلاحظ أن مسقطاً إسطوانيا كمسقط مركيتور (شكل ٦٥) يتساوى فيه طول خطوط

العرض . وينشأ عن هذا مبالغة عظيمة في المساحات الموجودة بالعروض العليا (قرب القطبين) . أنظر مثلا إلى مساحة جزيرة جرينلاند التي تظهر أكبر من مساحة أمريكا الجنوبية ــ مع أن الواقع أن أمريكا الجنوبية أكبر من جرينلاند بثمان مرات . فهذا المسقط بالتأكيد لا يحقق شرط المساحات المتساوية .

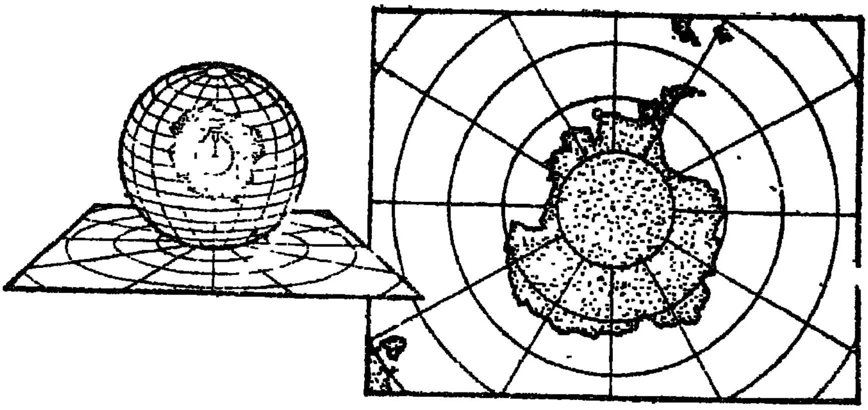
وحين يتأكد الطالب من الملاحظة رقم (٥) ، فسوف يلاحظ أن مسقط جود Goode المقتضب (شكل ٧٠) والمعدل على المسقط المنحني ، يتضمن زوايا مائلة ــ منفرجة وحادة ـ عند نقط اتصال خطوط العرض بخطوط الطول في العروض العليا ، وقد تسبب هذا في تشويه شكل الأرض في هذه المناطق ، مثل ألاسكا وجرينلاند . على أن هذا المسقط ، على كل حال ، يحقق شرط المساحات المتساوية .

تصنيف المساقط :

ليس من السهل أن نضع تصنيفا واضحاً وجامعاً لمساقط الخرائط . فهذا أمر تكتنفه صعاب عديدة ، وذلك بسبب كثرة المساقط وتداخلها في بعضها البعض . فمن العلماء من يصنف المساقط على أساس نوعي حسب الغرض الرئيسي الذي تحققه ، ومن ثم تُقسم المساقط إلى ثلاثة أنواع ذكرناها من قبل ، وهي : مساقط المساحات المتساوية ، ومساقط الشكل الصحيح ، ثم مساقط الاتجاهات الصحيحة أو المساقط السمتية .

على أنه من الممكن أن نصنف المساقط تصنيفاً مرضياً إذا اعتمدنا في هذا التقسيم على أساس إنشائها . فبالرغم من كثرة عدد المساقط ، إلاّ أن عدداً قليلا منها هو ما يمكن انشاؤه حسب مبادىء الرسم المنظور . أما معظم المساقط المستخدمة فقد استنبطت من معادلات رياضية معقدة ، صيغت بشكل يضمن تحقيق خصائص معينة في الخريطة .

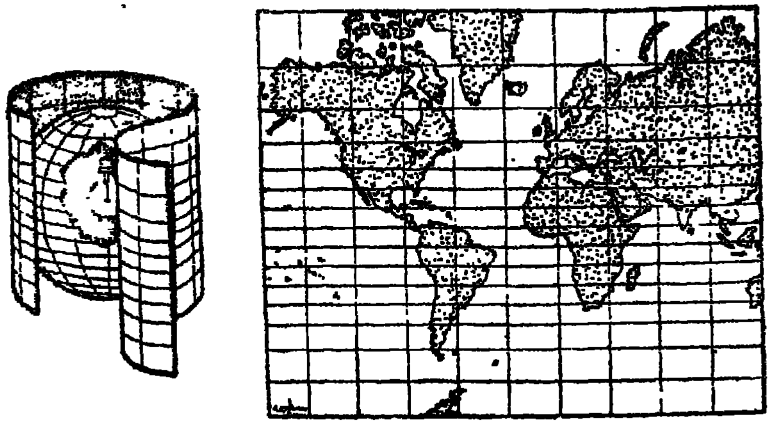
فهناك مجموعة مبسّطة من المساقط تسمى مساقط الرسم المنظور perspective



(شكل ٦٢) أحد أشكال المساقط المستوية المنظورة . مصدر الضوء في مركز الكرة ، والسطح المستوى يمس الكرة عند أحد قطبيها .

(أو المساقط الهندسية geometrical) – أي كما يبدو شكل شبكة الأرض لنا حينما نسقطها على لوحة ورق وفقاً لقواعد الرسم المنظور من حيث البعد النسبي والموقع النسبي . ولفهم هذه المجموعة ، نتصور كرة أرضية من الزجاج مرسوم عليها شبكة خطوط الطول والعرض . فإذا وضعنا لمبة مضيئة في وسط الكرة ، فسوف تظهر « تسقط » خطوط الطول والعرض كظلال على أي سطح مستوٍ قريب . فإذا وضعنا لوحة ورق بحيث تمس أحد القطبين : فقد يكون ظل شبكة الخطوط على الورقة مسقطاً بسيطاً (شكل ٦٢) . إذ سوف تشع خطوط الطول من هذه النقطة المركزية (القطب) نحو الخارج كخطوط مستقيمة ، بينما تظهر خطوط العرض كدوائر مشتركة المركز ، وتتزايد المسافة بينها كلما بعدت هذه الدوائر عن القطب . ويسمى هذا النوع من المساقط : المساقط المستوية أو السمتية .

وباستخدام نفس مبدأ الظلال ، يمكن استنباط مسقط منظور مماثل إذا لففنا إسطوانة من الورق حول الكرة الزجاجية ، بحيث تلامس الكرة على طول خط – وليس نقطة كما في الحالة السابقة . ويسمى هذا النوع من المساقط :

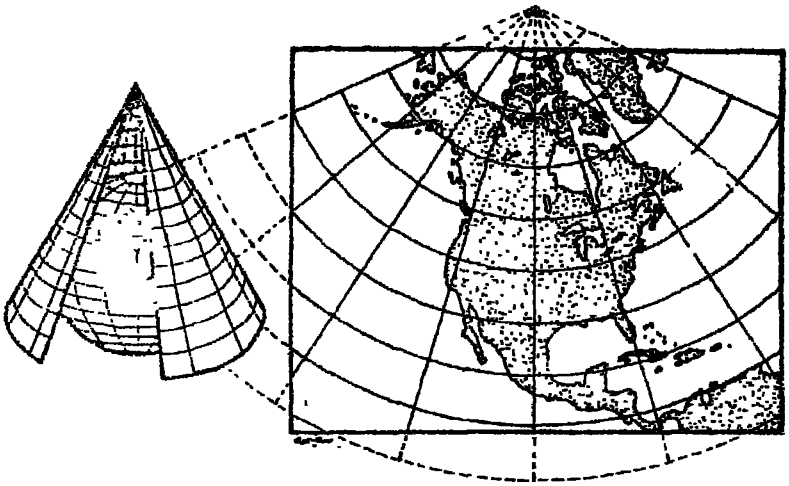


(شكل ٦٣) إحاطة الكرة الزجاجية بإسطوانة من الورق ، ثم بسط الاسطوانة ليظهر : المسقط الإسط اني المنظور .

المساقط الإسطوانية (شكل ٦٣) . لاحظ أن خطوط الطول والعرض تظهر في هذا المسقط كخطوط مستقيمة تقطع بعضها الآخر بزوايا قائمة .

والنوع الثالث من المساقط المنظورة هو المسقط المخروطي ، ويعتمد أيضا على نفس مبدأ الظلال الساقطة . وينتج هذا المسقط إذا وضعنا مخروطاً من الورق على الكرة الزجاجية ، بحيث تكون قمة المخروط فوق القطب مباشرة ، ويلامس المخروط الكرة الزجاجية على طول دائرة خط عرض . وبالتالي سوف يكون إسقاط خطوط الطول كخطوط مستقيمة ، بينما تظهر خطوط العرض كأقواس من دوائر مشتركة المركز (شكل ٦٤) .

كل هذه المساقط التي نحصل عليها نتيجة استخدام مبدأ الظلال الساقطة تسمى : مساقط الرسم المنظور (أو مساقط هندسية) كما ذكرنا . ولكن إذا عدلنا تنسيق خطوط العرض والطول — بالاستعانة ببعض القوانين الرياضية — فسوف يكتسب مسقط الخريطة خصائص معينة تفي بمطالبنا الخاصة . ولن يظل المسقط بعد هذا التعديل مسقطاً منظوراً ، وإنما يسمى : **مسقط اللامنظور** non-perspective .



(شكل ٦٤) فكرة إستنباط المسقط المخروطي ، وذلك بإحاطة الكرة بمخروط من الورق قمته فوق القطب .

إذن لدينا ثلاثة أنواع من المساقط تبعاً لنوع السطح المستخدم في نقل شبكة خطوط العرض والطول ، وهي :

(١) المساقط المستوية (السمتية) Zenithal Projections — على سطح مستوٍ .

(٢) المساقط الإسطوانية Cylindrical Projections — على سطح إسطواني .

(٣) المساقط المخروطية Concial Projections — على سطح مخروطي .

وبالإضافة إلى هذه المجموعة ، هناك المساقط التي تنشأ على أساس رياضي بحت ، بحيث تفي هذه المساقط باحتياجاتنا الخاصة ، وهي لذلك نوع مفيد جداً . ويسمى هذا النوع من المساقط المرسوم على أساس المعادلات الرياضية : المساقط الرياضية أو الاصطلاحية « conventional » . ومن ثم لدينا نوع رابع من المساقط هو :

(٤) المساقط الرياضية — وتعتمد على حسابات رياضية تماما .

١ ـ المساقط المستوية

نحصل على المساقط المستوية بإلقاء ظلال خطوط العرض والطول على سطح مستوٍ (ورقة مستوية). وتظل اتجاهات كل النقط من مركز مسقط الخريطة (نقطة المماس) اتجاهات صحيحة . أي أن هذه المساقط تحقق شرط الاتجاهات الصحيحة ، ومن ثم فهي تعرف أيضا بمساقط الاتجاهات الصحيحة ، أو المساقط السمتية Azimuthal Projections .

وتستنبط كل أنواع المساقط المستوية « المنظورة » حين نفترض سطحاً مستويا يمس الكرة الأرضية . ويمكن أن نجعل هذا السطح المستو يمس الكرة في مواضع مختلفة ، مثلاً : عند أحد القطبين ، أو عند أية نقطة على خط الاستواء ، أو عند أية نقطة أخرى على سطح الكرة . وبالتالي يمكن أن نقسم المساقط المستوية إلى ثلاثة مجموعات تبعاً لموقع السطح المستو على الكرة

(١) قطبية ـ عندما يمس السطح المستو الكرة عند أحد القطبين .

(٢) إستوائية ـ عندما يمس السطح المستو الكرة عند نقطة على خط الإستواء.

(٣) مائلة ـ عندما يمس السطح المستو الكرة عند أية نقطة أخرى .

وموقع مصدر الضوء مهم بشكل عظيم أيضا ، ذلك أن كلا موقعي السطح المستوي ومصدر الضوء يتحكمان في تحديد المسافات بين مختلف خطوط العرض والطول المسقطة على ورقة الخريطة .

ويمكن أن نضع مصدر الضوء في مركز الكرة ، أو عند أية نقطة على خط الاستواء ، أو خارج الكرة نفسها . وبالتالي يمكن تقسيم المساقط المستوية ـ مرة أخرى ـ إلى ثلاث فئات تبعاً **لموقع مصدر الضوء :**

(١) مركزي (مرولي) Gnomonic ـ عندما يكون الضوء في مركز الكرة .

(٢) مجسّم Stereographic — عندما يكون مصدر الضوء عند أية نقطة على سطح الكرة ، مضادة تماما لنقطة مماس السطح المستو .

(٣) أورثوجرافي Orthographic — عندما يكون بمصدر الضوء لانهائيا (خارج الكرة)، ومن ثم تكون أشعة الضوء متوازية (معنى أورثوجرافي الاسقاط المتعامد) .

وحينما ندمج هاتين المجموعتين من المساقط المستوية ، يصبح لدينا تسعة أنواع من هذه المساقط ؛ فكل فئة يمكن أن تنقسم إلى ثلاثة أقسام ثانوية تبعاً لموقع السطح المستوي . فمثلا المسقط المركزي : يمكن أن يكون مسقطا مركزيا قطبيا (أنظر شكل ٦٢) ؛ أو إستوائيا ، أو مائلاً . وهكذا في الفئتين الأخريين.

هذه المساقط المستوية في مجموعها تحقق — كما ذكرنا — شرط الانجاهات الصحيحة ، ولكنها تتضمن كثيرا من التشويه في الشكل والمساحة ، وبخاصة كلما بعدنا عن نقطة المماس . وهي على كل حال تستخدم في خرائط المناطق القطبية ، وكذلك الخرائط التي تمثل نصف الأرض الكروي . وسوف نعرض فيما يلي مثالاً لها ، وهو المسقط المركزي القطبي .

المسقط المركزي القطبي :

راجع المسقط الذي يوضحه (شكل ٦٢) ، لا شك أنك تأكدت أنه المسقط المركزي القطبي ؛ فمصدر الضوء في مركز الكرة ، والسطح المستوي يمس الكرة عند أحد قطبيها (القطب الجنوبي هنا) . تأمل في شبكة خطوط العرض والطول المسقطة على السطح المستوي ، وتعرّف على خصائص هذا المسقط .

الخصائص : (١) تظهر خطوط العرض كدوائر مشتركة المركز .

(٢) خطوط العرض ليست على أبعاد متساوية ، فالمسافات بينها تتزايد كلما اتجهنا بعيداً عن المركز .

(٣) خطوط الطول مستقيمة ، وتشع من مركز الخريطة . وبفضل الموقع النسبي لكل من مصدر الضوء ومماس السطح المستوي ، فقد ظهرت (أسقطت) كل الدوائر العظمى كخطوط مستقيمة ، ومن ثم فمن السهل جداً أن نجد على هذا المسقط أقصر مسافة بين أي نقطتين .

(٤) المسافات على طول خطوط العرض تتزايد بسرعة بعيداً عن المركز .

(٥) المسافات بين خطوط الطول تتزايد بسرعة أكبر بعيداً من المركز .

(٦) ونتيجة للمبالغة في مقاييس كل من خطوط العرض وخطوط الطول ، تظهر المبالغة الشديدة في المساحات كلما بعدنا عن المركز .

(٧) هناك تشويه في الشكل أيضا ، ويزيد مقدار هذا التشويه كلما بعدنا عن المركز .

استخدام هذا المسقط : بسبب المبالغة في المساحة وتزايد التشويه في الشكل كلما بعدنا عن المركز ، يصبح هذا المسقط مناسبا فقط لرسم منطقة صغيرة في الأقاليم القطبية . ويحسن أن تنحصر المنطقة الممثلة في حدود ٣٠° عن مركز الخريطة (كما في حالة رسم القارة القطبية الجنوبية) .

٢ ـ المساقط الإسطوانية

المسقط الإسطواني الحقيقي :

يعرف هذا المسقط أيضا بالمسقط الإسطواني المنظور perspective (أو الطبيعي) . ونحصل عليه حين نفترض كرة من الزجاج في وسطها مصدر ضوء، ثم نحيط الكرة بقطعة ورق في شكل إسطوانة (راجع شكل ٦٣) .

ولما كانت الإسطوانة ستلامس الكرة على طول دائرة خط الاستواء ، فمن الواضح أن خط الاستواء لن يسقط أي ظلال . وبالتالي فكل نقطة على

خط الاستواء صحيحة الشكل ، وسيكون المقياس صحيحاً أيضا على خط طول الإستواء . كما ستنعكس كل خطوط العرض الأخرى على الاسطوانة (من الداخل) على شكل دوائر . وتظهر هذه الدوائر كلها مساوية لطول دائرة خط الإستواء ، وبهذا أصبح المقياس من الشرق للغرب مبالغاً فيه جداً . كذلك هناك مبالغة كبيرة في المقياس الشمالي الجنوبي كلما بعدنا عن خط الاستواء . ولا يمكن أن يظهر أي من القطبين الشمالي أو الجنوبي على هذا المسقط ، لأن شعاع الضوء المنبثق من مركز الكرة إلى القطب يصبح موازياً لسطح الإسطوانة . وحين نبسط الاسطوانة على منضدة مستوية السطح ، نجد مسقط شبكة خطوط الطول والعرض – كما تظهر في الرسم الأيمن في (شكل ٦٣) .

الخصائص : (١) كل خطوط العرض وخطوط الطول هي خطوط مستقيمة

(٢) تتقابل خطوط العرض وخطوط الطول في زوايا قائمة .

(٣) المسافات متساوية بين خطوط الطول .

(٤) المسافات ليست متساوية بين خطوط الغرض ، وكل خط عرض مساوٍ في الطول لخط الإستواء . .

(٥) هناك مبالغة كبيرة جداً في كلٍ من المقياس الشرقي الغربي والمقياس الشمالي الجنوبي ، والمبالغة ليست بنفس القدر في كلا الاتجاهين . فالمسافات تتزايد بنسب مختلفة في كلا الاتجاهين ، ومن ثم تزداد المساحة كثيراً والشكل مشوه بدرجة عظيمة .

(٦) المسافات (والمقاييس) صحيحة فقط في شريط ضيق حول خط الإستواء .

الاستخدام : نادراً ما يستخدم هذا المسقط لكثرة أوجه النقص فيه ، فهو لا يحقق شرط المساحة الصحيحة ولا الشكل الصحيح ، إذ يزيد تشويههما كلما بعدنا عن خط الاستواء . وحتى المقياس فهو صحيح فقط على طول خط الاستواء .

المسقط الاسطواني المتساوي المساحات :

وهذا من نوع المساقط الاسطوانية اللامنظورة . فقد صُمم هذا المسقط بحيث تصبح المساحات عليه مساوية لما يناظرها من مساحات على الكرة الأرضية، وبالتالي فهو من المساقط التي تحقق شرط المساحات المتساوية . وشبكة هذا المسقط تشبه شبكة خطوط الطول والعرض في المسقط السابق . فيما عدا اختلاف رئيسي وهو أن خطوط العرض في هذا المسقط تتقارب كلما بعدنا عن خط الاستواء . حتى تصبح كالحزمة قرب المناطق القطبية .

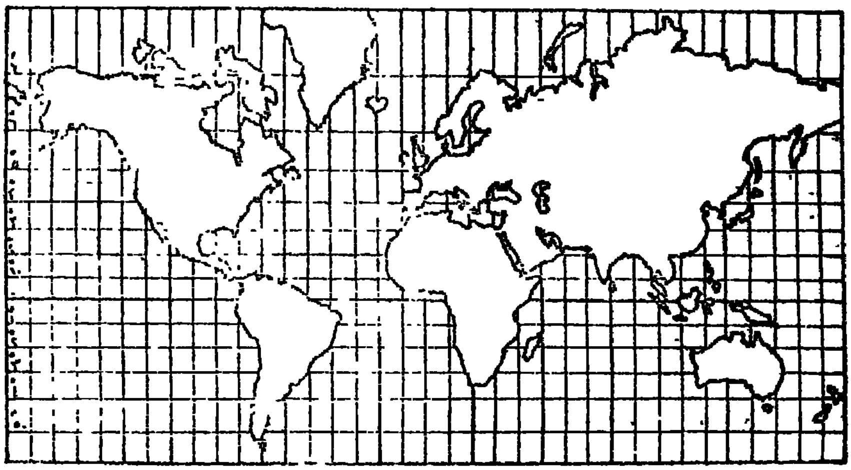
ولما كانت أطوال خطوط العرض مساوية أيضا لطول خط الاستواء في هذا المسقط . فإن المسافات تتزايد أكثر وأكثر كلما بعدنا عن خط الاستواء . ولكن هذه الزيادة في المسافة شرقا وغربا : يقابلها تقصير المسافات شمالا وجنوبا (المسافة تقل بين خطوط العرض كلما اتجهنا نحو المناطق القطبية) . ومن ثم يحافظ هذا المسقط على المساحة الصحيحة .

ولما كان هذا المسقط يحقق شرط المساحات المتساوية . فيمكن استخدامه في بيان التوزيعات الجغرافية . ولكن الشكل يصبح مشوها حداً في العروض العليا . ولهذا لا تظهر التوزيعات بشكل مناسب في العروض العليا . وبالتالي يصبح هذا المسقط مفيداً فقط في إظهار التوزيعات الموجودة في العروض الممتدة بين خطي عرض ٤٥° شمالا وجنوبا . فمثلا نستطيع أن نستخدمه في توزيع الأرز (محصول مداري) ، بينما لا يصلح في توزيع محاصيل العروض الوسطى مثل بنجر السكر أو الشوفان

مسقط مركيتور :

يُعرف مسقط مركيتور Mercator بإسم آخر هو المسقط الاسطواني الصحيح الشكل Cylindrical Orthomorphic وكما عرفنا في الفصل الأول . كان جيرهارد كرامر مركيتور كرتوجرافيا هولنديا . ولد سنة ١٥١٢ .

وفي سنة ١٥٦٩ إبتكر مركيتور هذا المسقط ، الذي سُمي باسمه من بعده . ولم يكن المسقط حين قدمه مركيتور في أول الأمر صحيحاً تماما ، إذ عدله بعد ذلك (بعد ثلاثين عاما) كرتوجرافي بريطاني إسمه إدوارد رايت E. Wright (شكل ٦٥) .



(شكل ٦٥) مسقط مركيتور – المسقط الإسطواني الصحيح الشكل في المساحات الصغيرة .

وقد أصبح مسقط مركيتور – وهو مسقط إسطواني معدّل – رائجاً وشائعاً جدا في الأطالس التي كانت تصدر في بريطانيا . وكان السبب الرئيسي في ذيوع وإنتشار هذا المسقط هو تحقيقه للاتجاه الصحيح ، ومن ثم إستخدم بشكل عظيم في الأغراض الملاحية . وقد كانت بريطانيا أعظم قوة بحرية في عالم القرن التاسع عشر ، فكان من الطبيعي إذن أن يسرفوا في تقدير هذا المسقط . أضف إلى هذا أن المساحات الواقعة خارج النطاق الإستوائي تظهر على هذا المسقط بشكل مبالغ فيه جداً ، وبالتالي ظهرت عليه أقطار العروض الوسطى – التي كانت ضمن الامبراطورية البريطانية – بمساحات أعظم من

حقيقتها بكثير . وقد كان هذا أيضاً من أسباب رواج هذا المسقط في بريطانيا .

على أن هذا المسقط يعتبر — في الحقيقة — مسئولاً عن تثبيت بعض الأفكار الخاطئة في أذهان الناس ، وهي الأفكار والمفاهيم الخاصة بمساحة الدول المختلفة . فالاتحاد السوفيتي مثلا ، يظهر على هذا المسقط أكبر من بقية أوراسيا وإفريقيا مجتمعتين — مع أن الواقع غير ذلك [1] . كما تظهر عليه جزيرة جرينلند (٢,٢ مليون كم٢) أكبر من أمريكا الجنوبية (١٧,٨ مليون كيلومتر مربع) — مع أن هذه القارة أكبر من جرينلند بأكثر من ثمان مرات كما هو واضح . بل إن استخدام هذا المسقط قد هدم كروية سطح الأرض ، وجعله سطحاً مستوياً في تخيل الناس . فأمريكا الشمالية عليه تبدو أقرب ما تكون إلى أوربا عبر طريق المحيط الأطلسي ، مع أن الذي يستحيل أن يبينه هذا المسقط هو أن هناك طريقاً قطبياً أقصر بكثير وهو الطريق الذي تستخدمه الخطوط الجوية بين هاتين القارتين .

خصائص مسقط مركيتور : (١) تظهر خطوط العرض وخطوط الطول كخطوط مستقيمة .

(٢) تتقابل خطوط العرض والطول في زوايا قائمة — تماما كما في حالة الكرة .

(٣) المسافات متساوية بين خطوط الطول .

(٤) المسافات ليست متساوية بين خطوط العرض ، إذ تزداد المسافات بين خطوط العرض كلما بعدنا عن خط الإستواء شمالا أو جنوبا .

(٥) الاتجاه صحيح بين أي نقطتين (بسبب تقابل الخطوط في زوايا قائمة) ، وهذا يعتبر أهم مزايا هذا المسقط .

(٦) الشكل صحيح في المساحات الصغيرة . ولكن عندما يكون الإمتداد العرضي كبيراً ، يصبح شكل المساحات مشوهاً .

---

(١) تبلغ مساحة الاتحاد السوفيتي ٢٢,٤ مليون كيلومتر مربع ، بينما مساحة افريقيا ٢ و ٣٠ مليون ، وأوروبا دون الاتحاد السوفيتي ٩ و ٤ مليون كيلومتر مربع .

(٧) تظهر المسافات الصحيحة على طول خط الاستواء فقط .

(٨) لا يحقق هذا المسقط شرط المساحة الصحيحة ، فالمبالغة عظيمة في المساحات المختلفة .

الاستخدامات : يتمثل الاستخدام الرئيسي لهذا المسقط في تحديد الطريق الملاحي ، بواسطة تتبع خطوط الاتجاهات الثابتة Loxodromes. ونظراً لتقابل خطوط العرض والطول في زوايا قائمة كما هي الحال على الكرة الأرضية ، فأي خط مستقيم على مسقط مركيتور هو إذن خط ذو اتجاه ثابت وصحيح ، ويسمى خط الاتجاه الثابت . وهذا الخط يقطع جميع خطوط الطول بنفس الزاوية على سطح الأرض . وهو ذو أهمية عظيمة للسفينة المسافرة عبر البحر ، لأنه متى تحدد الاتجاه تكون السفينة مسافرة في الاتجاه الصحيح طالما أنها تتبع خط الاتجاه الثابت ، ثم تتتبع خط اتجاه ثابت آخر ، وهكذا إلى أن تصل إلى نهاية رحلتها .

وهناك استخدام آخر لمسقط مركيتور . فلما كان هذا المسقط يُظهر العالم كله ، فقد استخدم في الأطالس ليبين الأنماط العالمية الخاصة بالتيارات البحرية وكذلك نظم الرياح وأنواعها كما أن هذا المسقط مناسب جداً لخرائط الطقس .

٣ – المساقط المخروطية

لكي نحصل على مسقط مخروطي منظور ، نفترض مخروطاً من الورق ثم نضعه فوق الكرة الزجاجية – كما هو واضح في شكل ٦٤ الأسبق . ويوضع المخروط بحيث تكون قمته على امتداد محور الكرة (أي فوق القطب) . وبذلك يمس المخروط الكرة الزجاجية على طول دائرة عرض . وحينما يضيء المصباح الموجود في مركز الكرة ، فسوف تظهر دائرة المماس بشكل صحيح على المخروط . وتسمى دائرة خط العرض التي يحدث عندها التماس والتي تكون المسافات على طولها صحيحة ، بخط العرض القياسي (أو الصحيح)

standaro parallel . وحينما نبسط المخروط على منضدة مستوية، نجد أمامنا مسقطاً مخروطيا : ظهرت فيه خطوط الطول كخطوط مستقيمة ، وخطوط العرض كأقواس من دوائر مشتركة المركز . ولا تكون المسافات صحيحة إلا على طول دائرة التماس – أو خط العرض القياسي كما سبق أن ذكرنا هذا هو المسقط المخروطي المنظور ، ولكن المساقط المخروطية المستخدمة في رسم الخرائط هي بصفة عامة مساقط لا منظورة (أي معدلة عن المسقط المخروطي المنظور ، بالاستعانة ببعض القوانين الرياضية) .

ومن هذه المساقط : « المسقط المخروطي البسيط » الذي يوضح المبادىء الأساسية في انشاء المساقط المخروطية . وله خط عرض قياسي واحد ، حيث تكون المساحة صحيحة حوله فقط ، وهو لهذا يستخدم في رسم مساحة ذات امتداد شرقي غربي ضيق الاتساع (الشمالي الجنوبي) .

المسقط المخروطي بخطي عرض قياسيين :

صُمم هذا المسقط المخروطي بحيث يكون له خطان عرضيان قياسيان (نتصوره كما لو كان المخروط يقطع خلال الكرة على طول دائرتين من دوائر خطوط العرض) . وبالتالي ستكون المساحات الممثلة صحيحة نوعاً حول هذين الخطين ، أو بصورة أدق . تكون المساحات صحيحة على طول هذين الخطين القياسيين . وفي أي خريطة ترسم على هذا المسقط . لا بد أن نعطي اعتباراً أساسيا لمسألة اختيار هذين الخطين القياسيين وبصفة عامة ؛ يحسن اختيار هذين الخطين بحيث يحصرا فيما بينهما تقريبا ثلثي المساحة الممثلة على الخريطة .

الخصائص : (١) خطوط العرض عبارة عن أقواس من دوائر مشتركة المركز . وترسم على مسافات متساوية

(٢) خطوط الطول . خطوط مستقيمة تشع من المركز المشترك كأنصاف أقطار لأقواس الدوائر المشتركة المركز .

(٣) المقياس صحيح على طول خطي العرض القياسين فقط .

(٤) المقياس صحيح أيضا على طول خط الطول الأوسط (قُصد ذلك عند تصميم وإنشاء المسقط) . ولما كانت خطوط الطول الأخرى مماثلة لخط الطول الأوسط — إذ أن كلها أنصاف أقطار — فالمقياس صحيح على طول كل خطوط الطول .

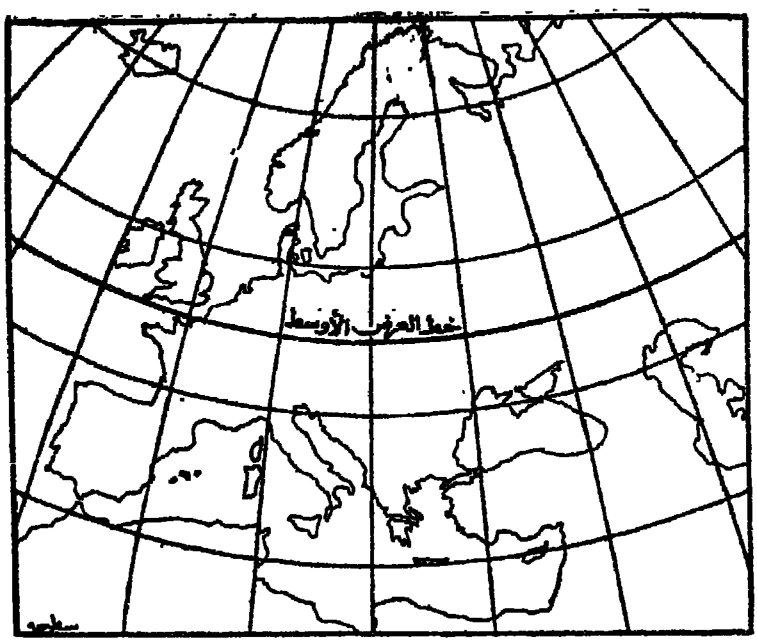
(٥) تُمثل المسافات الواقعة بين خطي العرض القياسيين بصورة أقصر مما هي عليه في الطبيعة . بينما تمثل المسافات الواقعة خارج هذين الخطين بصورة أكبر من حقيقتها .

الاستخدام : هذا المسقط مناسب تماما لتمثيل مساحة ذات امتداد شرقي غربي مع اتساع عظيم شمالاً وجنوبا في العروض الوسطى . وهو لذلك مناسب لتمثيل الأقطار العظيمة الامتداد مثل الإتحاد السوفيّي وكندا . ومع ذلك ، فنظراً لتزايد تشويه المقياس على طول خطوط العرض الأخرى (أي غير القياسية) ، فيحسن أن نستخدم هذا المسقط لتمثيل المساحات ذات الامتداد العرضي القليل نسبياً حتى نحصل على نتائج أحسن .

مسقط بون Bonne :

يسمى مسقط بون أيضا : المسقط المخروطي المتساوي المساحات . وهو مسقط مخروطي معدل ، وفيه نجد أن كل خطوط العرض عبارة عن خطوط عرض قياسية ، ومن ثم فهي جميعا صحيحة المقياس (شكل ٦٦) . ولكن لأغراض الانشاء والتصميم ، يُختار خط عرض قياسي واحد (كما في حالة المسقط المخروطي البسيط) بحيث يكون دائما في الجزء الأوسط من الخريطة ، لأن خطوط العرض الأخرى ترسم على هديه ، وستظهر كأقواس مشتركة المركز .

خصائص مسقط بون : (١) خطوط عرض عبارة عن أقواس مشتركة المركز .



(شكل ٦٦) خريطة أوربا على مسقط « بون » ـ أو المسقط المخروطي المتساوي المساحات .

(٢) خطوط الطول عبارة عن أقواس سلسة ، فيما عدا خط الطول الأوسط الذي يكوّن خطاً مستقيما .

(٣) المقياس صحيح على طول كل خطوط العرض لأنها قد قُسمت تقسيما صحيحاً . وهذا هو السبب في أن المسافات تكون صحيحة في الإمتداد الشرقي الغربي .

(٤) كل خطوط العرض هي خطوط عرض قيـاسية standard ، صحيحة المقياس .

(٥) المقياس صحيح فقط على طول خط الطول الأوسط ؛ أما على طول خطوط الطول الأخرى فهناك مبالغة ، وتزيد كلما بعدنا عن خط الطول الأوسط .

(٦) يحقق مسقط بون شرط المساحات المتساوية

(٧) لا يحقق مسقط بون شرط الشكل الصحيح . إلا على خط الطول الأوسط . فكلما ابتعدنا عن هذا الخط شرقا أو غربا تعرض شكل الخريطة تدريجيا للتشويه .

الاستخدامات : لما كان هذا المسقط يحقق شرط المساحات الصحيحة . فقد شاع استخدامه في تمثيل القارات والأقطار الكبيرة مثل أوربا وأمريكا الشمالية واستراليا . ولكن آسيا لا تظهر عليه بصورة جيدة لأن أطراف الخريطة الواقعة بعيداً عن خط الطول الأوسط تتعرض لتشويه كبير في الشكل . وعلى كل حال فقد استخدم مسقط برن في الأطالس لتمثيل كل القارات ما عدا إفريقيا وبسبب خاصية تحقيق المساحة الصحيحة . يستخدم هذا المسقط أيضا في اللوحات الطبوغرافية الخاصة ببعض الأقطار مثل هولندا وبلجيكا وسويسرا .

مسقط سانسون – فلامستيد :

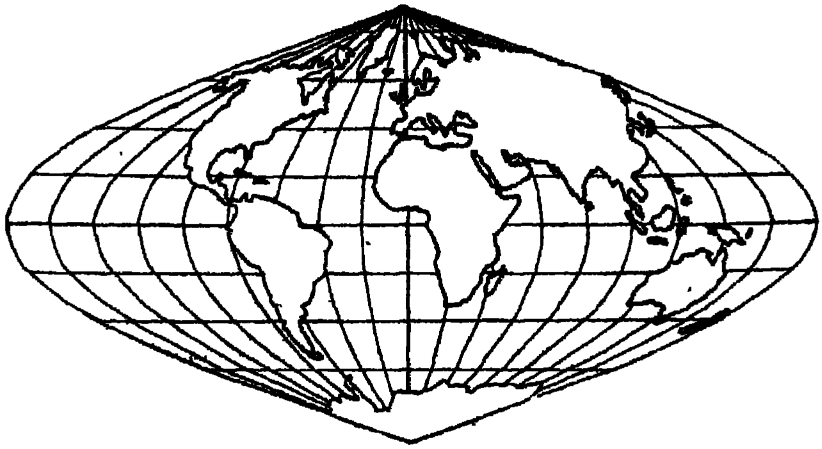
يسمى هذا المسقط بشكل عام بمسقط سانسون– فلامستيد Sanson-Flamsteed ، إذ يقال أن سانسون (وكان كرتوجرافيا فرنسيا) أول من استخدم هذا المسقط في حوالي عام ١٦٥٠ . كما استخدمه أيضا فلامستيد (وكان فلكيا بريطانيا) في سنة ١٧٢٩ [١]

كذلك يسمى هذا المسقط **بالمسقط المنحني Sinusoidal Projection** وقد سُمي كذلك لأن خطوط الطول عبارة عن منحنيات جيب **sine-curves** رُسمت خلال نقط التقسيم المناظرة لها على كل خط عرض (وهذه مسائل في الرياضيات استخدمت عند إنشاء المسقط . ولا تهمنا هنا) .

والمسقط المنحني يعتبر في الحقيقة حالة خاصة من مسقط بون مع جعل خط

---

(١) هناك من يعتقد بأن مركيتور استخدم هذا المسقط قبل هذين العالمين ، ولذلك يسمون هذا المسقط مسقط مركيتور – سانسون – فلامستيد



(شكل ٦٧) المسقط المنحنى (سنوسويد) ــ أو مسقط « سانسون ــ فلامستيد » .

الاستواء : خط العرض القياسي . ويظهر خط الإستواء في المسقط المنحني كخط مستقيم ، ومن ثم فكل خطوط العرض الأخرى خطوط مستقيمة وموازية لخط الاستواء (شكل ٦٧) . وكما هي الحال في مسقط بون ، فقد قُسم خط الطول الأوسط في المسقط المنحنى تقسيماً صحيحاً وكذلك قُسمت خطوط العرض بصورة صحيحة . وبالتالي يعتبر مسقط سانسون ــ فلامستيد (المنحنى) من مساقط المساحات المتساوية .

خصائص المسقط : (١) خط الاستواء هو خط العرض القياسي وهو خط مستقيم مرسوم تبعاً للمقياس الصحيح .

(٢) خطوط العرض خطوط مستقيمة حتى تكون متوافقة لخط العرض القياسي (خط الاستواء) .

(٣) رُسمت خطوط العرض على مسافات متساوية ، وهي مقسمة تقسيماً صحيحاً لرسم خطوط الطول .

(٤) كل خطوط الطول ــ ما عدا خط الطول الأوسط ــ هي عبارة عن

منحنيات جيوب . أما خط الطول الأوسط فهو خط مستقيم وعمودي على خط الاستواء ويساوي نصف طول خط الاستواء . وخط الطول الأوسط مقسم أيضا تقسيماً صحيحاً .

(٥) المقياس صحيح على طول كل خطوط العرض وكذلك خط الطول الأوسط . ولكن في حالة خطوط الطول الأخرى فهناك مبالغة عظيمة ، زايد كلما بعدنا عن خط الطول الأوسط بسبب اختلاف ميل الزوايا التي تتقاطع عندها خطوط الطول مع خطوط العرض .

(٦) هذا المسقط – مثل مسقط بون – يحقق شرط المساحات المتساوية . ولكن المسقط المنحنى في خريطة العالم لا يحقق الشكل الصحيح في العروض العليا وعلى طول الأطراف .

استخدامات المسقط : لما كان المسقط المنحنى محققاً للمساحات الصحيحة ، فهو مناسب لتمثيل التوزيعات الكمية . وقد استخدم في الأطالس بكثرة لتمثيل القارات الممتدة في الأقاليم المدارية وكذلك في العروض الوسطى (مثل إفريقيا وأمريكا الجنوبية وأستراليا) . وعلى كل حال ، لا يناسب هذا المسقط تمثيل العالم كله بسبب اختلاف المقياس الطولي وما ينتج عن ذلك من تشويه للشكل .

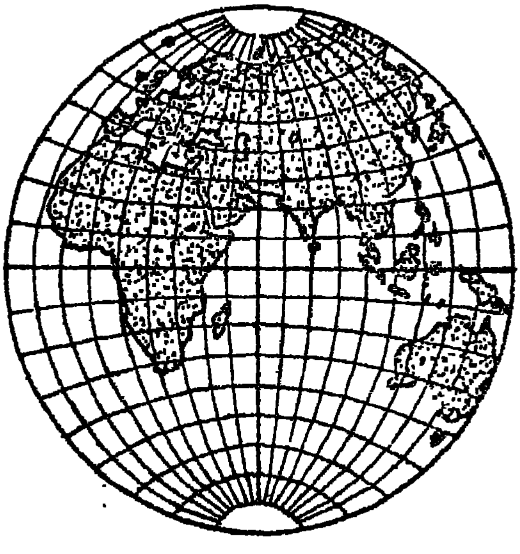
٤ – المساقط الاصطلاحية (الرياضية)

حينما صنفنا المساقط ، ذكرنا أن هناك نوعاً من المساقط يعتمد في إنشائه اعتماداً تاماً على معادلات رياضية ، يصيغها العلماء بشكل يضمن تحقيق شروط معينة ومرغوبة في المسقط الذي سيتم رسمه على أساس هذه المعادلات الرياضية . وذكرنا أيضاً أن معظم المساقط المستخدمة في الخرائط هي من هذا النوع الاصطلاحي – أي غير الأصيلة . ولكنها متفقة مع القواعد المقررة .

وسوف نعرض فيما يلي ثلاثة مساقط من هذا النوع ، ولكننا لن نتطرق إلى كيفية إنشائها بالطرق الرياضية ، فهذه مسائل لا تهمنا كثيراً كجغرافيين ، وإنما المهم أن نفهم شكل شبكة المسقط وخصائصه واستخداماته المناسبة .

المسقط الكروي : Globular

يمثل هذا المسقط العالم في نصفي كرة (شكل ٦٨) . وفي الأصل ، كان الأب « نور نيير » هو الذي ابتكر هذا المسقط في سنة ١٦٤٣ ، وكانت خطوط الطول عبارة عن خطوط بيضوية تمر خلال القطبين والأقسام المتساوية المسافة على طول خط الإستواء . وبعد ذلك بحوالي عشرين سنة (١٦٦٠) ، عدله أحد العلماء بأن جعل خطوط الطول أقواساً من دوائر بدلاً من الخطوط البيضوية . وفي سنة ١٧٩٣ ، قدم « أرو سميث » هذا المسقط من جديد باسم : المسقط الكروي .



(شكل ٦٨) المسقط الكروي

الخصائص : (١) خطوط العرض عبارة عن أقواس من دوائر — فيما عدا خط الإستواء .

(٢) خطوط الطول أيضاً أقواس من دوائر — فيما عدا خط الطول الأوسط .

(٣) التقسيمات على طول خط الإستواء وخط الطول الأوسط متساوية كلها .

(٤) هذا المسقط لا يحقق المساحات المتساوية ولا الشكل الصحيح . فخطوط العرض لا تتقاطع مع خطوط الطول في زوايا قائمة . كما أن المقياس ليس واحداً في كل الإتجاهات من أي نقطة ، وبالتالي فالشكل غير صحيح هذا بالإضافة إلى أن تزايد المسافات بين خطوط العرض تجاه الأطراف أدى إلى أن تكون المساحات غير صحيحة .

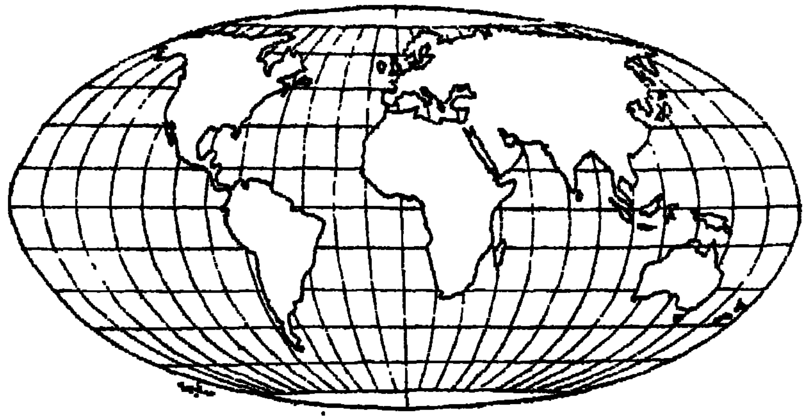
الاستخدامات : استخدم هذا المسقط بكثرة لتمثيل نصفي الكرة الأرضية في الأطالس . على الرغم من انه لا يتمتع بميزة خاصة .

مسقط مولفيدي :

إبتكر هذا المسقط « كارل مولفيدي » K.B. Mollweide . ولذلك فقد سُمي باسمه . ويحقق هذا المسقط شرط المساحات المتساوية . ويمكن أن يمثل كل الكرة الأرضية (شكل ٦٩) . وتظهر خطوط العرض كخطوط مستقيمة . وخطوط الطول كخطوط بيضوية متماثلة الأطراف — فيما عدا خط الطول المركزي فهو خط مستقيم .

خصائص المسقط : (١) خطوط العرض مستقيمة وموازية لخط الإستواء .

(٢) المسافات بين خطوط العرض ليست متساوية ، فهذه المسافات تتناقص كلما بعدنا عن خط الإستواء شمالاً أو جنوباً .



(شكل ٦٩) مسقط مولفيدي

(٣) خطوط الطول عبارة عن خطوط بيضوية متماثلة الأطراف ــ فيما عدا خط الطول المركزي وخطي طول ٩٠° شرقاً وغرباً التي تؤلف في مجموعها دائرة كاملة . وبالتالي فالمساحة المحصورة بين ٩٠° شرقــاً و ٩٠° غرباً تمثل نصف الكرة الأرضية .

(٤) يحقق مسقط مولفيدي شرط المساحات الصحيحة .

(٥) لا ينطبق المقياس على كل الجريطة ، لأن كل خط عرض له مقياسه الخاص به . كذلك نجد أن المقياس على طول خط الإستواء ليس صحيحاً.

(٦) يتزايد المقياس على طول خطوط الطول كلما بعدنا عن خط الطول الأوسط .

(٧) هذا المسقط لا يحقق شرط الشكل الصحيح . فتشويه الشكل في النطاق الإستوائي وفي الأقاليم القطبية . هو العيب الرئيسي في هذا المسقط .

استخدامات المسقط : لما كان مسقط مولفيدي يحقق شرط المساحات

المتساوية ، فهو يستخدم أساساً في خرائط التوزيعات المختلفة . فهذا المسقط يمكن ان يمثل العـالم كله بصورة أحسن نوعاً مما في مسقط سانسون — فلامستيد ، وهذه ميزة حقيقية في خريطة العالم . ويتمثل الإستخدام الرئيسي لمسقط مولفيدي في التوزيعات الجغرافية المرتبطة بالمساحة ، مثل توزيع كثافة السكان ، أو إمتداد الغابات أو المراعي وغيرها من المظاهر المساحية .

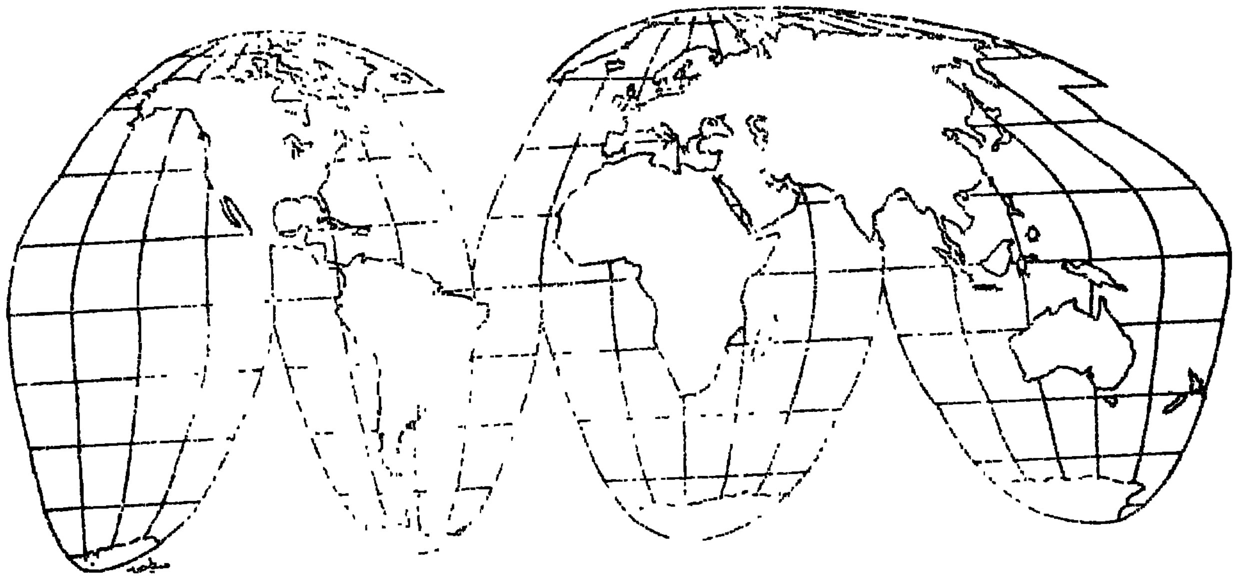
مسقط « جود » المقتضب :

طوّر هذا المسقط الأستاذ « بول جود » J. Paul Goode ، وقدمه في مقالة بمجلة رابطة الجغرافيين الأمريكيين (العدد ١٥) سنة ١٩٢٥ . وقد جعل جود مسقطه يتضمن الأجزاء المحصورة بين خطي عرض ٤٠° شمالاً وجنوباً في المسقط المنحني Sinusoidal (مسقط سانسون — فلامستيد) ثم أكمل العروض العليا في مسقطه من مسقط مولفيدي (الذي يعرف أيضـاً بمسقط المساحات المتساوية Homolographic . ومن هنا سمى جود مسقطه بإسم : Homolosine Projection ، كإختصار لإسمي المسقطين اللذين اعتمد عليهما في رسم مسقطه (شكل ٧٠) .

وقد اقتطع جود بعض المساحات المائية غير الضرورية من مسقطه ، وذلك بصلح من شأن الأشكال المشوه . وقد حقق جود هذا الهدف بأن إختار ستة خطوط طول مركزية صحيحة المقياس ، تمر وسط القارات (وهي خطوط طول ١٠٠° غرباً في أمريكا الشمالية ، ٨٠° شرقاً في أوراسيا ، ٥٥° غرباً في أمريكا الجنوبية ، ٢٠° شرقاً في افريقيا ، ثم ١٤٠° شرقاً في استراليا) .

خصائص المسقط : (١) يحقق مسقط جود شرط المساحات المتساوية .

(٢) ويمثل المسقط كل مساحة اليابس على سطح الأرض .



(شكل [illegible]) - خريطة جود المتقطعة ، المكونة من المسقط المنحني ومسقط مولفيدي .

(٣) تظهر خطوط العرض كخطوط مستقيمة موازية لخط الإستواء

(٤) تظهر عليه شبكة خطوط العرض والطول مقطعة (مقتضبة) في المحيطات وذلك يُعطي كل قارة في مكانها ميزة وجودها في وسط المسقط ، ومن ثم تظهر القارات بشكل أحسن .

الاستخدامات :

هذا المسقط مفيد تماماً حينما نرغب في عقد مقارنات تختص بالمساحات المتساوية في خريطة العالم ككل ، دون تضحية بالشكل . وقد شاع إستخدام مسقط جود بشكل عظيم في خرائط التوزيعات الإقتصادية . والعيب الرئيسي في هذا المسقط هو تقطع الإطار الخارجي لخريطة العالم المرسومة عليه .

مراجع الفصل الثامن

١ ـ — Goode's World Atlas (1960), 11th ed., Rand McNally : Chicago.

٢ ـ — Kellaway, G.P. (1949), Map Projections, Methuen : London.

٣ ـ — Raisz, E. (1948), General Cartography, New York, Ch. 6.

٤ ـ — Robinson, A.H. (1960), Elements of Cartography, New York, Chs. 4, 5, 6.

٥ ـ — Singh, R. and Kanaujia, L.R. (1963), Map-Work and Practical Geography, Allahabad, Ch. 3.

٦ ـ — Steers, J.A. (1957), An Introduction to the Study of Map Projections, Univ. London Press : London.